

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA



VICTORIA THEREZA DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS DE TINTAS
IMOBILIÁRIAS NA QUALIDADE DO AR DE AMBIENTES INTERNOS**

SOROCABA
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA



**A INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS DE TINTAS
IMOBILIÁRIAS NA QUALIDADE DO AR DE AMBIENTES INTERNOS**

Autora: Victoria Thereza de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Física, Química e Matemática (DFQM)
da UFSCar, *campus* Sorocaba, como requisito parcial para
obtenção da graduação em Licenciatura em Química

Orientadora: Prof^a. Dra. Luciana Camargo de Oliveira

SOROCABA
2023

Oliveira, Victoria Thereza de

A influência de compostos orgânicos voláteis de tintas imobiliárias na qualidade do ar de ambientes internos / Victoria Thereza de Oliveira -- 2023.
53f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Luciana Camargo de Oliveira

Banca Examinadora: Alexandre D. M. Cavagis, Mayara de Almeida Ribeiro Carvalho

Bibliografia

1. Compostos orgânicos voláteis. 2. Qualidade do ar de ambientes internos. 3. Tintas imobiliárias. I. Oliveira, Victoria Thereza de. II. Título.

VICTORIA THEREZA DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS DE TINTAS
IMOBILIÁRIAS NA QUALIDADE DO AR DE AMBIENTES INTERNOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Física, Química e
Matemática (DFQM) para obtenção do título de
Licenciada em Química. Sorocaba, 22 de março
de 2023.

Orientador(a)

Prof.^a Dra. Luciana Camargo de Oliveira

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba

Examinador

Prof^o Dr. Alexandre D.M. Cavagis

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba

Examinadora

Ma. Mayara de Almeida Ribeiro Carvalho

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA -
CCQL-So/CCTS**

Rod. João Leme dos Santos km 110 - SP-264, s/n - Bairro I nga, Sorocaba/SP, CEP 18052-780
Telefone: (15) 3229-8828 - h p://www.ufscar.br

DP-TCC-FA nº 12/2023/CCQL-So/CCTS

**Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de
Curso Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)**

FOLHA DE APROVAÇÃO

VICTORIA THEREZA DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS ORGÂNICAS VOLÁTEIS DE TINTAS IMOBILIÁRIAS NA QUALIDADE DO AR DE
AMBIENTES INTERNOS**

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Sorocaba, 22 de março de 2023

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Profa. Dra. Luciana Camargo de Oliveira
Membro da Banca 1	Prof. Dr. Alexandre Donize Marns Cavagis
Membro da Banca 2	Doutoranda Mayara de Almeida Ribeiro Carvalho
Suplente	Prof. Dr. Wander Gustavo Botero



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Camargo de Oliveira**, **Docente**, em 22/03/2023, às 17:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Donize Marns Cavagis**, **Docente**, em 22/03/2023, às 17:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [h p://sei.ufscar.br/autencaca o](https://sei.ufscar.br/autencaca_o), informando o código verificador **0985310** e o código CRC **796D2C39**.

À Elenira, Varlei, Luiz Felipe, Mariane, Enzo e Guilherme,
por nunca terem me deixado desistir e sempre me apoiarem nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

À Professora Luciana, por toda ajuda, colaboração e orientação no desenvolvimento deste trabalho. Sem ela, a apresentação do mesmo não seria possível.

À Mayara, pela ajuda, dicas e o tempo dedicado para me ajudar na construção do trabalho.

Aos meus amigos do trabalho, que tanto me ouviram falar sobre este trabalho e me incentivaram a cada passo que dei para a construção deste.

Aos meus amigos da faculdade, que permitiram que este caminho da graduação fosse mais leve ao ser compartilhado com alegria e com momentos que jamais irei esquecer.

Aos meus pais, irmão, cunhada e sobrinho, pelo apoio nos momentos difíceis e por vibrarem comigo os momentos bons, isso tudo é por e para vocês.

Ao Guilherme, por estar ao meu lado durante toda essa jornada, me aconselhando, me apoiando, sendo meu companheiro e dando todo o suporte necessário com muita alegria e carinho.

À Deus, por me mostrar que nada está perdido e que para tudo existe solução.

RESUMO

OLIVEIRA, Victoria Thereza. A influência dos compostos orgânicos voláteis de tintas imobiliárias na qualidade do ar de ambientes internos. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2023.

Tendo em vista que as pessoas têm passado a maior parte de seu tempo dentro de suas casas, se torna essencial identificar a qualidade do ar no qual estão expostas durante esse período. Neste contexto, diversas são as fontes e os tipos de poluentes para o ar de interiores, sendo que os compostos orgânicos voláteis se destacam como a classe mais relevante desses poluentes. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os compostos orgânicos voláteis oriundos de tintas imobiliárias, a qual está presente na grande maioria das residências, e sua influência na qualidade do ar de ambientes internos. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica nas bases de dados Web of Science e ScienceDirect, selecionando-se 21 artigos para a investigação da composição do ar de residências de diferentes países, os compostos orgânicos voláteis encontrados atribuídos às tintas imobiliárias e a influência na saúde dos moradores. Diante disso, verificou-se que residências recém pintadas apresentam maiores índices de compostos orgânicos voláteis, até 4% dos voláteis encontrados em amostras de ar de residências podem ser atribuídos às tintas, sendo os principais voláteis o xileno e tolueno. Além disso, foi identificado como efeito à grande exposição de habitantes de casas com baixa qualidade de ar interno, doenças como a síndrome do edifício doente.

Palavras-chave: Compostos Orgânicos Voláteis; Tintas Imobiliárias, Qualidade de Ar Interno.

ABSTRACT

Considering that people have spent most of their time indoors, it becomes essential to identify the quality of the air they are exposed to during this period. In this context, there are several sources and types of pollutants for indoor air, volatile organic compounds standing out as the most relevant class of these pollutants. The present study aimed to evaluate volatile organic compounds in architectural paints, which is present in the majority of homes, and their influence on indoor air quality. For this, through a bibliographic review in the Web of Science and ScienceDirect database, 21 articles were selected for the investigation the composition of the air in residences in different countries, the volatile organic compounds found attributed to architectural paints and the influence of the residents' health. In that way, it was found that newly painted homes have higher levels of volatile organic compounds, up to 4% of the volatiles found in air samples from homes can be attributed to paints and their main volatiles such as xylene and ethylbenzene. In addition, it was identified as an effect to the great exposure of inhabitants of houses with low indoor air quality, diseases such as the sick building syndrome.

Keywords: Volatile Organic Compound; Architecture Paints; Indoor Air Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da forma cristalina rutilo do dióxido de titânio.....	18
Figura 2 – Possíveis estruturas dos cristais de um pigmento inorgânico.....	19
Figura 3 – Fórmula estrutural da molécula de metiletilcetoxima.....	20
Figura 4 – Fórmula estrutural condensada da molécula de etilenoglicol.....	22
Figura 5 – Fórmula estrutural condensada da molécula de diclorometano.....	22
Figura 6 –Fórmula estrutural da molécula de tolueno.....	23
Figura 7 –Fórmula estrutural da molécula de xileno.....	23
Figura 8 – Esquema com as palavras chaves dos artigos analisados na Web of Science.....	28
Figura 9– Esquema demonstrativo do processo de emissão de COV durante a cura do filme de tinta.....	32
Figura 10 – Representação de ambiente interno de uma casa e os COVs que podem estar presentes no ar.....	46
Figura 11 – Esquema demonstrativo dos efeitos a saúde humana causados por alta exposição aos COVs.....	47
Figura 12 – Esquema representativo da ventilação de casas para a troca do ar interno..	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 COMPOSIÇÃO DAS TINTAS IMOBILIÁRIAS	15
2.1.1 Formadores de Filme	15
2.1.2 Componentes Voláteis	16
2.1.2.1 Solvente	16
2.1.2.2 Coalescente	17
2.1.3 Componentes Insolúveis	17
2.1.3.1 Pigmento	17
2.1.3.2 Cargas	19
2.1.4 Aditivos	19
2.1.4.1 Aditivos de cinética	19
2.1.4.2 Aditivos de reologia	20
2.1.4.3 Aditivos de processo	20
2.1.4.4 Aditivos Dispersantes e Umectantes	20
2.1.5 Compostos Orgânicos Voláteis	21
2.1.5.1 Etilenoglicol	21
2.1.5.2 Diclorometano	22
2.1.5.3 Tolueno	22
2.1.5.4 Xileno	23
2.2 COMPOSTOS ORGÂNCIOS VOLÁTEIS EM TINTAS IMOBILIÁRIAS	24
2.2.1 Limites de emissão de compostos orgânicos voláteis em tintas imobiliárias	25
2.3 INDOOR AIR QUALITY (IAQ)	26
3 METODOLOGIA	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 A RELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS E AS TINTAS IMOBILIÁRIAS	30
4.2 A COMPOSIÇÃO DO AR DE AMBIENTES INTERNOS NO MUNDO E A INFLUÊNCIA DOS COV _s	35
4.3 A INFLUÊNCIA NA SAÚDE HUMANA CAUSADA PELOS COV _s E AMBIENTES COM BAIXA QUALIDADE DO AR INTERNO	43

5 CONCLUSÃO	
REFERÊNCIAS	

49
50

1 INTRODUÇÃO

A pandemia que ocorreu no mundo a partir do ano de 2020 ocasionou diversas consequências para a humanidade. Uma delas foi a possibilidade de trabalho remoto por várias empresas nas mais diversas áreas do conhecimento. Neste contexto, visto a tendência por cada vez mais as pessoas passarem a maior parte do seu tempo em casa, o estudo sobre a qualidade interna do ar das residências se torna mais plausível.

Os poluentes do ar das residências estão nos mais diversos produtos presentes no dia a dia de uma casa, como produtos de limpeza, produtos de higiene pessoal e materiais de construção, por exemplo. Os materiais de construção são grandes contribuintes para a poluição interna do ar e podem ser divididos em dois principais grupos: materiais sólidos, como chapas de MDF (*Medium Density Fiberboard*), e líquidos, como as tintas (ZHOU et al., 2020).

Os materiais de construção apresentam inúmeros compostos orgânicos voláteis em sua composição, o que atribui a este tipo de material um enorme papel na determinação da qualidade interna do ar. Segundo Shin e Jo (2012 *apud* WHO, 2012) os compostos orgânicos voláteis são associados com os mais diversos problemas de saúde, considerando que grande parte dos compostos dentro desta classificação são tóxicos ou possivelmente tóxicos. Este ponto crucial resulta na tendência crescente de estudo destes compostos e suas implicações.

Os compostos orgânicos voláteis estão presentes em todas as tintas imobiliárias, diferindo apenas em quantidades, que são distintas em tintas à base de água e em tintas à base de solventes. Tratam-se de compostos orgânicos voláteis gases que possuem alta pressão de vapor, baixa solubilidade em água e que na atmosfera, com a presença do Sol, produzem fotoquímicos oxidantes (EPA, 2022). Estes compostos orgânicos são liberados a atmosfera durante o processo produtivo de tintas, o processo de aplicação do produto, bem como o de cura do material (FAZENDA, 2009).

Sendo assim, estes compostos orgânicos voláteis, que são classificados como: hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos alifáticos, glicóis, cetonas, acetatos e álcoois, podem gerar diversos empecilhos a saúde dos seres humanos, como doenças respiratórias e a natureza, já que participam da formação de ozônio na atmosfera (EPD, 2021).

O mercado de tintas do Brasil integra um dos cinco maiores do mundo e, em 2022, produziu cerca de 1,600 bilhões de litros de tinta e exportou cerca de U\$S 290 milhões em tintas para todo o mundo. Sendo o mercado dividido em 4 grandes nichos: tinta automotiva, tinta de repintura automotiva, tinta industrial e tinta imobiliária, o último, o nicho em questão deste trabalho, representa pouco mais de 80% do volume fabricado no país que, em 2022, produziu 1,358 bilhões de litros de tinta (ABRAFATI, 2023).

Há muitos anos, entende-se a necessidade de comprometimento por parte da indústria de tintas com a preservação do meio ambiente e, por isso, ocorre avanços no desenvolvimento tecnológico das tintas para diminuir a emissão de solventes orgânicos para o ambiente (FAZENDA, 2009). Contudo, ainda é possível entender que há necessidade de continuar investindo e evoluindo no setor para reduzir ainda mais essas emissões. Neste contexto, visando abordar a problemática da influência dos compostos orgânicos voláteis das tintas imobiliária na qualidade do ar de ambientes internos, este trabalho justifica-se para mostrar a necessidade de monitoramento da quantidade de compostos orgânicos voláteis presentes nas tintas imobiliárias visto os impactos negativos que podem gerar na saúde dos seres humanos, bem como, para a ampliação de medidas na regulamentação e controle dos poluentes gerados.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi investigar a influência causada pelos compostos orgânicos voláteis na qualidade do ar de residências internas e, de forma mais específica, a relação destes compostos com as tintas imobiliárias e com a qualidade do ar dos ambientes internos, bem como, suas as implicações na saúde dos moradores. Para isso, a metodologia utilizada compreendeu de uma pesquisa de caráter exploratório, a partir de uma revisão bibliográfica sobre a influência dos compostos orgânicos voláteis de tintas imobiliárias na qualidade do ar de ambientes internos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apesar de ser um produto muito específico para os consumidores, as tintas envolvem grandes tecnologias para seu processo. Assim como apontado por Fazenda (2009), ciências como a química orgânica e inorgânica, físico-química, química dos polímeros, eletroquímica, entre outras, constituem as linhas de estudo para o desenvolvimento de novos produtos e melhoria constante.

2.1 Composição das tintas imobiliárias

É considerada tinta uma composição líquida, contendo um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerado líquido, muitas vezes viscoso que, ao ser aplicado em película fina, ocasiona a formação de um filme aderente ao substrato. O propósito deste filme pode ser tanto para fins estéticos como protetivos ao substrato escolhido (FAZENDA, 2009).

Para a formação de uma tinta, diversos materiais podem ser incorporados para conferirem a finalidade estética e/ou protetiva do produto. Estes materiais podem ser utilizados individualmente ou combinados em diferentes quantidades para a formulação da tinta, podendo chegar entre 750 e 1000 matérias primas diferentes (FAZENDA, 2009). Os componentes se apresentam dentro de uma formulação em quatro principais grupos: formadores de filme, componentes voláteis, componentes pouco solúveis e aditivos (BARRIOS, 2017).

2.1.1 Formadores de Filme

Os formadores de filme são componentes poliméricos capazes de agregar e homogeneizar o sistema. Em suma, compõem a parte ativa da formulação, que podem ser comercializados para utilização pura ou diluída, sendo essa, em água ou solventes orgânicos. Estes sistemas comercializados ainda podem ser considerados monocomponentes ou bicomponentes. O maior exemplo de formador de filme de uma tinta é a resina (BARRIOS, 2017).

As resinas acrílicas, alquídicas e vinílicas fazem parte da formulação das tintas mais comuns. Resinas vinílicas são provenientes de polímeros gerados por monômeros vinílicos, como acetato de vinila. Já as resinas acrílicas, são constituídas por copolímeros com até três tipos de monômeros, sendo um grupo reativo, como hidroxilas, um éster acrílico e até um monômero adicional. As resinas alquídicas, também chamadas de poliésteres, são formadas por esterificação de um poliácido e um poliálcool modificado por óleos ou ácidos graxos (SILVA et al., 2000).

Outros tipos de resinas utilizados em tintas são as resinas poliuretanas e epoxídicas. As resinas poliuretanas são obtidas a partir da reação do grupo isocianato com o grupo hidroxílico. As resinas epoxídicas são classificadas pela presença do grupo glicina em sua estrutura (FAZENDA, 2009).

Devido ao crescimento industrial e tecnológico, as resinas são comumente sintetizadas nas indústrias químicas e petroquímicas por meio de reações complexas e sensíveis, nas quais geram polímeros. As cadeias poliméricas geradas são as responsáveis pela durabilidade e resistência das tintas, que atualmente são superiores as comercializadas antigamente (FAZENDA, 2009).

2.1.2 Componentes Voláteis

Os componentes voláteis são responsáveis por diluir a parte ativa da fórmula de maneira que esta consiga ser aplicada em forma líquida. São caracterizadas por evaporar da formulação após a aplicação no substrato de escolha. Além disto, podem ajudar nas reações que acontecem no sistema e auxiliar na viscosidade da formulação. Os principais componentes voláteis de uma tinta são os solventes e os coalescentes (BARRIOS, 2017)

2.1.2.1 Solvente

Em uma tinta, os solventes são escolhidos pela origem da tinta. Uma tinta à base de água, utiliza como solvente a própria água e em uma tinta à base de solventes, possui em sua composição, solventes orgânicos com baixo ponto de ebulição. Os solventes são essenciais para a manutenção da tinta na forma líquida, possibilitando sua aplicação com os mais diversos tipos de aplicadores, como rolos e trinchas (BENDER, 2013).

Os solventes também proporcionam a viscosidade ideal de aplicação na tinta e impactam diretamente no nivelamento do filme e no aspecto final do filme seco. Os solventes podem ser caracterizados por: poder de solvência, taxa de evaporação, ponto de fulgor, estabilidade química, tensão superficial, odor e toxicidade (FAZENDA, 2009).

Os solventes da classe dos hidrocarbonetos são formados por basicamente hidrogênio e carbono, divididos entre alifáticos, aromáticos e terpênicos. Os hidrocarbonetos alifáticos não possuem anel de benzeno, possuem baixo custo e alta volatilidade, desta forma, normalmente são empregados como diluentes de tintas. O hidrocarboneto mais comum como diluente e solvente é a aguarrás ($C_{10}H_{22}$) (FAZENDA, 2009).

Os hidrocarbonetos aromáticos possuem um ou mais anéis benzênicos e possuem custo mais elevado e os mais comuns na indústria da tinta são o tolueno e o xileno. Com

alto poder de solvência e alto ponto de fulgor, são diluentes dos mais diversos tipos de resinas. (FAZENDA, 2009).

Os álcoois, exemplo de solvente oxigenado, de um a cinco átomos de carbono, são os mais empregados na indústria de tinta, por conta de oferecer equilíbrio ao sistema em características importante das formulações como a viscosidade. Os ésteres são amplamente utilizados como dissolventes por serem miscíveis com diversos compostos orgânicos. As cetonas possuem alto poder de solvência e são os mais indicados para as regulamentações sobre compostos orgânicos voláteis, por possuírem baixa densidade e alta solvência (FAZENDA, 2009).

2.1.2.2 Coalescente

Por vezes, as tintas são expostas a ambientes onde fatores como temperatura e umidade influenciam na capacidade de formação do filme. Nestes casos, os agentes coalescentes são utilizados como plastificantes da fase polimérica da resina, possibilitando que a reação polimérica ocorra mesmo em ambientes em que esta reação apresentaria dificuldade em se difundir para a formação do filme (BARRIOS, 2017).

Segundo Barrios (2017), o coalescente interage com as cadeias poliméricas da resina da tinta, de modo a aumentar o volume livre entre as cadeias, assim fornecendo à tinta um filme homogêneo e contínuo. A escolha do coalescente ideal se dá pelo polímero utilizado na resina da tinta, bem como as propriedades almejadas na mesma. Cerca de 2 a 8 phr (per hundred resin), 2 a 8 partes de massa de coalescente para 100 unidades de massa de resina, são utilizados de coalescentes nas formulações de tintas e alguns exemplos de coalescentes são a aguarrás, etilenoglicol, propilenoglicol, entre outros.

2.1.3 Componentes pouco solúveis

Os componentes pouco solúveis agregam a tinta a coloração e cobertura ao sistema. Ainda, possuem o poder de controlar algumas características importantes do sistema, como o brilho e viscosidade. Os principais componentes pouco solúveis das tintas são os pigmentos e as cargas (BARRIOS, 2017).

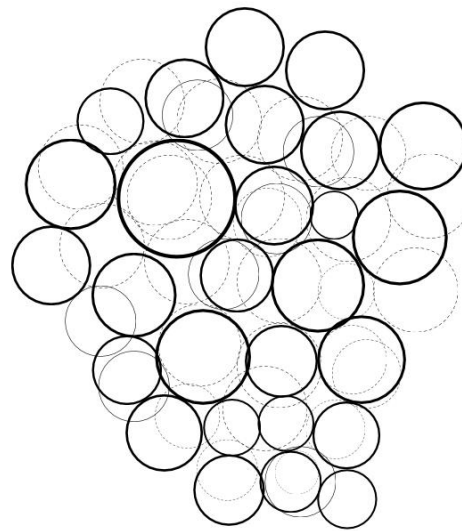
2.1.3.1 Pigmento

O pigmento possui o papel de conferir principalmente cor e opacidade ao sistema da tinta. Se apresenta como um composto sólido e pouco solúvel e são classificados entre pigmentos orgânicos e inorgânicos e subcategorizados entre pigmentos coloridos, pigmentos não coloridos e pigmentos anticorrosivos (FAZENDA, 2009).

Ainda segundo Fazenda (2009), na vertente dos pigmentos inorgânicos, consideram-se todos os pigmentos brancos, cargas e uma extensão de pigmentos coloridos tanto sintéticos, como naturais.

O mais importante dos pigmentos brancos, o dióxido de titânio (TiO_2), é o pigmento mais utilizado na indústria de tintas. Fruto da reação do oxigênio com o ar, possui ocorrência de forma natural e é encontrado na crosta terrestre. É um composto inerte, tendo como as principais funções conferir brancura, brilho e cobertura para a formulação. É encontrado em diversas formas cristalinas, sendo a mais comum o rutilo (POCHTECA, 2022)

Figura 1- Estrutura da forma cristalina rutilo do dióxido de titânio.



Fonte: Adaptado de Fazenda (2009).

Também amplamente utilizados na indústria de tintas, estão os óxidos de ferro. O total de ferro de cada óxido varia com o tipo e fonte de cada um. Em tintas industriais são usados para obtenção de cores primárias como vermelho e o amarelo (FAZENDA, 2009).

Quanto aos pigmentos orgânicos, são pigmentos que apresentam seus cristais nas mais diversas formas, como apresentado na Figura 2, sendo a mais comum, a de pequenas agulhas. Sem características anticorrosivas, os pigmentos orgânicos por conta da forma de agulha normalmente estão em aglomerados, devido à alta tensão superficial, ocasionando a necessidade de moagem no processo produtivo. O processo de moagem proporciona a dissociação destes aglomerados, proporcionando o pleno potencial do pigmento (FAZENDA, 2009).

Figura 2 - Possíveis estruturas dos cristais de um pigmento inorgânico.



Fonte: Adaptado de Fazenda (2009)

2.1.3.2 Cargas

As cargas, também chamadas de *extender* ou *filler*, são incorporadas às tintas na função de promover preenchimento e volume, visto serem mais econômicas em relação a outros pigmentos. Em alguns casos, as cargas quando utilizadas em quantidades desproporcionais à formulação, podem acarretar em problemas ao produto final. Os tipos mais comuns de cargas são: a calcita, o talco, caulim, mica e sílica (BENDER, 2013).

2.1.4 Aditivos

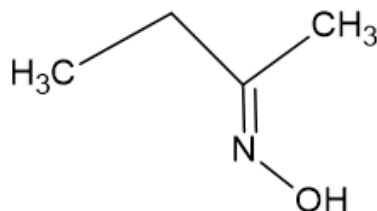
Os aditivos são os responsáveis por conferirem à tinta características especiais ou melhoria ao sistema como um todo. São adicionados ao sistema nas mais diversas fases de fabricação e em pequenas quantidades (menores de 5% m/m). As moléculas dos aditivos podem ser simples ou até polímeros, tanto orgânicos e inorgânicos, quanto solúveis ou insolúveis ao sistema (BARRIOS, 2017). Uma variada gama de aditivos pode compor a formulação de uma tinta: aditivos de cinética, reologia, processo, preservação, dispersantes, umectantes e de superfície (FAZENDA, 2009).

2.1.4.1 Aditivos de cinética

Aditivos de cinética são os aditivos que conferem à formulação a secagem, cura e endurecimento do filme de uma tinta. O tipo mais importante e utilizado nas formulações de tintas são os secantes. Os secantes possuem papel de catalisadores de reação, permitindo a secagem do filme da tinta à base de óleo. Os principais metais comercializados em secantes são o cobalto, cálcio, manganês, zinco, ferro e zircônio (ANGHINETTI, 2012).

Os aditivos anti-pele, também são exemplos de aditivos de cinética. Estes aditivos evitam que a oxidação ocorra antes do filme ser aplicado, deste modo não gerando peles, principalmente durante o estágio no produto em sua embalagem. Grande exemplo de anti-pele e o mais utilizado nas formulações é a metiletilcetoxima, com sua estrutura apresentada na Figura 3 (BENDER, 2013).

Figura 3- Fórmula estrutural da molécula de metiletilcetoxima.



Fonte: Autoria própria (2023).

2.1.4.2 Aditivos de reologia

Os aditivos de reologia são responsáveis pela melhoria da fluidez em uma tinta. Os espessantes, são aditivos reológicos responsáveis pela viscosidade da formulação, que impacta na aplicação da tinta ao substrato de escolha, bem como, na espessura do filme seco. Outro aditivo de reologia amplamente utilizado são os aditivos antiescorrimento, que possibilitam que a tinta não respingue e/ou escorra no momento da aplicação ao substrato (ANGHINETTI, 2012).

2.1.4.3 Aditivos de processo

Classificam-se como aditivos de processo, os aditivos utilizados que possibilitam a otimização do processo de fabricação das tintas. O principal aditivo de processo são os surfactantes, do inglês, *surface active agent*, que conferem uma maior umectação do pigmento utilizado na formulação, agem como emulsificantes nas reações de polimerização em tintas à base de água, bem como a melhoria de alastramento e fluidez de uma tinta. Isso acontece pois os surfactantes agem nas forças superficiais dos líquidos ou sólidos por possuírem uma ponta da molécula hidrofílica e a outra ponta lipofílica. Os principais tipos de surfactantes são os catiônicos, aniônicos, anfóteros e não iônicos (FAZENDA, 2009)

2.1.4.4 Aditivos Dispersantes e Umectantes

Os agentes dispersantes funcionam na diminuição da tensão superficial da água, isso porque essa implica em uma diferença energética significativa entre os pigmentos da formulação e ela, fazendo com que as partículas do pigmento não sejam molhadas e ocorra dificuldade no processo de moagem para a dispersão do pigmento. Deste modo, estes aditivos possibilitam que a água adentre os poros das partículas de pigmento e a viscosidade de moagem diminua (BARRIOS, 2017).

2.1.5 Compostos Orgânicos Voláteis

Volatile organic compounds, em inglês, ou compostos orgânicos voláteis, em português, são componentes químicos encontrados em diferentes produtos e em subprodutos de processos comuns no dia a dia. Em combustíveis, no processo de produção farmacêutica, de refrigerantes, em produtos de limpeza, tintas e no processo do tratamento de água, são alguns dos lugares onde é possível identificar um ou mais tipos de compostos orgânicos voláteis (EPA, 2022).

Segundo a Environmental Protection Agency (2022), ou EPA, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, compostos orgânicos voláteis (COVs) são definidos como qualquer substância de carbono, que participam das reações fotoquímicas atmosféricas. Destes COVs, a agência exclui monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbônico, carbonetos metálicos, carbonatos de amônio, além de outros componentes considerados pela EPA como tendo reações fotoquímicas negligenciáveis.

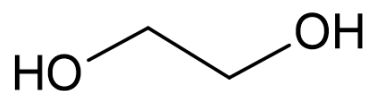
Ainda considerando pela EPA (2022), os COVs precisam evaporar em condições atmosféricas internas de temperatura e pressão. Eles definem estas condições atmosféricas internas, como as condições enfrentadas por moradores em suas residências. O range definido por eles de temperatura varia entre 30 e 90°F e o de pressão, entre a do mar a de montanhas que tenham residências.

Os COVs podem ser encontrados tanto nos ambientes internos, quanto em ambientes externos. As fontes de COVs em ambientes externos, em sua maioria, são provenientes dos processos de fabricação e do uso de materiais. Segundo o Minnesota Department of Health (2022), alguns COVs comumente encontrados no dia a dia incluem: etilenoglicol, diclorometano, tolueno e xileno.

2.1.5.1 Etilenoglicol

Etilenoglicol, com estrutura apresentada na Figura 4, é um líquido incolor que em temperatura ambiente apresenta alta viscosidade, tem pressão de vapor de 0,06 mm Hg a 20°C, massa molar de 62,07 g mol⁻¹ e é solúvel em água. Amplamente utilizado na indústria automotiva como anticongelante, pode apresentar ainda coloração fluorescente. Também é utilizado na indústria de tintas, plásticos, cosméticos e fármacos (NIOSH, 2021).

Figura 4 - Fórmula estrutural condensada da molécula do etilenoglicol.



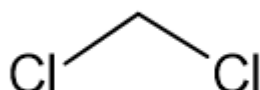
Fonte: Aatoria própria (2023)

Segundo a EPA (2000), o etilenoglicol inalado em grandes quantidades impacta no sistema neurológico central, causa vômitos, lentidão, falência respiratória, convulsões, distúrbios gastrointestinais e problemas renais. O limite oral diário estabelecido pela EPA como seguro de exposição ao etilenoglicol é de $2,0 \text{ mg}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (miligrama por quilo por dia).

2.1.5.2 Diclorometano

Diclorometano, também conhecido como Cloreto de metileno é um líquido incolor, não inflamável e altamente volátil, possui massa molar de $84,93 \text{ g mol}^{-1}$ e pressão de vapor de 435 mm Hg a 25°C , tem sua fórmula estrutural apresentada na Figura 5. Usado na indústria majoritariamente como solvente, está incluído em diferentes ramos: na indústria de tintas, farmacêutica, em produtos aerossóis e desengraxantes.

Figura 5- Figura estrutural condensada da molécula do diclorometano.

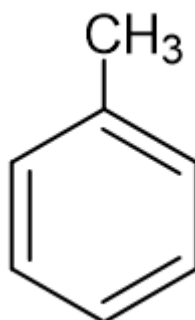


Fonte: Aatoria própria (2023)

2.1.5.3 Tolueno

Tolueno, líquido com aroma adocicado com sua estrutura apresentada na Figura 6, possui massa molar de $92,14 \text{ g mol}^{-1}$ e pressão de vapor de $28,4 \text{ mm Hg}$ a 25°C . Usado na indústria majoritariamente como solvente, está incluído em diferentes ramos: na indústria de tintas, nos fabricantes de esmalte, solventes, entre outros (NIOSH, 2019).

Figura 6- Fórmula estrutural da molécula do tolueno.



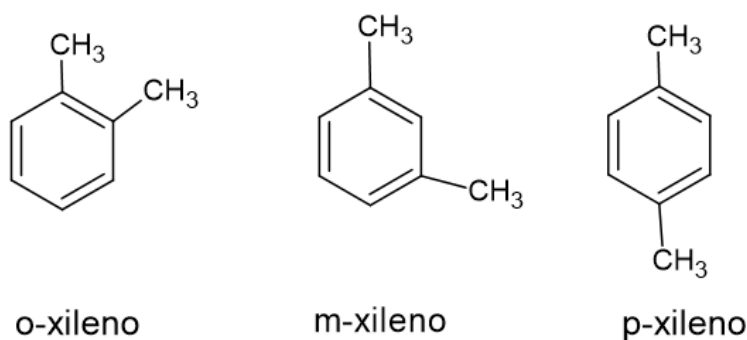
Fonte: Autoria própria (2023)

Segundo NIOSH (2019), elevadas exposições ao tolueno, podem causar cansaço, euforia, confusão mental, dores de cabeça, dilatação de pupilas, insônia, irritações das vias aéreas e dos olhos, confusão, comprometimento do fígado e rins.

2.1.5.4 Xileno

O xileno é um líquido incolor, de aroma doce, utilizado na indústria de processamento de madeira e petróleo, na indústria de tintas, laboratórios biomédicos, entre outros. Possui pressão de vapor de 6,5 mm Hg em 25°C e massa molar de 106,17 g mol⁻¹, sua estrutura apresenta-se na Figura 7 (NIOSH, 2019).

Figura 7- Fórmula estrutural dos isômeros do Xileno.



Fonte: Autoria própria (2023)

A exposição ao xileno pode causar irritação dos olhos, nariz, pele e garganta. Também pode causar tonturas, confusão mental, perda da coordenação e até morte, quando exposição em grandes doses (NIOSH, 2019).

2.2 Compostos Orgânicos Voláteis em tintas imobiliárias

Compostos orgânicos voláteis são conteúdos que fazem parte da composição das tintas. Os COVs indicam a relação de solventes orgânicos em massa em um volume de tinta. Esta relação pode ser expressa em g L^{-1} ou Lbs gls^{-1} (FAZENDA, 2006).

As emissões de COVs podem ocorrer em diversas etapas, desde o processo de fabricação da tinta, até o processo de aplicação e cura do produto. Mesmo que estes procedimentos ocorram de maneira controlada, ainda haverá a ocorrência de emissão de COVs para a atmosfera.

Segundo a ASTM (2018), determina-se numericamente a porcentagem de COV de uma tinta, por meio da metodologia D3960-05 “*Standard Practice for Determining Volatile Organic Compound (VOC) Content of Paints and Related Coatings*”, que pode ser calculada seguindo três diferentes fórmulas:

1) Conteúdo de COV expresso pela massa de COV por unidade de volume de tinta menos água:

$$COV = \frac{(W_o)(D_c)}{100\% - V_w - V_{ex}}$$

$$COV = \frac{(W_v - W_w - W_{ex})(D_c)}{100\% - (W_w)\left(\frac{D_c}{D_w}\right) - (W_{ex})\left(\frac{D_c}{D_{ex}}\right)}$$

Em que:

COV= Compostos orgânicos voláteis em g L^{-1} menos a quantidade de água e compostos voláteis isentos;

W_o = Massa dos voláteis orgânicos, em porcentagem;

D_c = Densidade da tinta, em g L^{-1} , a 25°C ;

V_w = Volume da água, em porcentagem;

V_{ex} = Volume de compostos voláteis isentos, em porcentagem;

W_v = Massa dos voláteis totais, em porcentagem;

W_w = Massa da água, em porcentagem;

W_{ex} = Massa dos compostos voláteis isentos, em porcentagem;

D_w = Densidade da água, g L^{-1} , a 25°C ;

D_{ex} = Densidade dos compostos voláteis isentos, em g L^{-1} , a 25°C .

2) Conteúdo de COV expresso em termos de massa do COV por unidade de volume de sólidos da tinta:

$$COV = \frac{(W_o)(D_c)}{V_n}$$

Em que:

COV= Compostos orgânicos voláteis em g L⁻¹ menos a quantidade de água e compostos voláteis isentos;

W_o = Massa dos voláteis orgânicos, em porcentagem;

D_c = Densidade da tinta, em g L⁻¹, a 25°C;

V_n = Volume do conteúdo de sólidos da tinta líquida, em porcentagem.

3) Conteúdo de COV expresso em termos de massa do COV por unidade de massa de sólidos da tinta:

$$COV_b = \frac{W_o}{W_s}$$

Em que:

COV_b = Compostos orgânicos voláteis, em g/g, de sólidos da tinta;

W_o = Massa dos voláteis orgânicos, em porcentagem;

W_s = Massa dos sólidos, em porcentagem.

Sendo a ASTM uma unidade regulamentadora interacional, as tintas produzidas em todo o mundo devem seguir seus métodos para definir o valor final de COVs nas formulações que chegam ao mercado para consumidor. Todavia, o limite de COVs para cada tinta, deve ser definido por cada país e seus órgãos regulamentadores.

2.2.1 Limites de emissão de compostos orgânicos voláteis em tintas imobiliárias

Diversas entidades pelo mundo buscam estabelecer limites de COVs para as tintas imobiliárias que são comercializadas. Os limites de emissão de COVs são únicos para cada tipo de tinta imobiliária e variam entre si, quando comparado as diversas regulamentações mundiais existentes

Deste modo, na Tabela 1, apresenta-se um comparativo de alguns limites de COVs em legislações diferentes para diferentes acabamentos de tintas, com dados obtidos por Hong Kong (2014), Canadá (2021) e Califórnia Air Resources Board (2020).

Tabela 1. Comparativo de alguns limites de COVs em legislações diferentes para diferentes acabamentos de tintas.

Legislação	Acabamento da tinta	Limite COV (g L-1)
Government of Canada	Fosco	100
	Acetinado	150
	Brilhante	250
Environmental Health Departament (Minnesota)	Fosco	50
	Acetinado	100
California Air Resources Board	Fosco	50
	Acetinado	150

Fonte: Aatoria própria (2023)

2.3 INDOOR AIR QUALITY (IAQ)

Segundo a EPA (2022), a Indoor Air Quality (IAQ), ou em tradução, qualidade do ar de ambientes internos, diz respeito a qualidade do ar de construções e suas estruturas nos âmbitos de conforto e saúde dos seus habitantes. Aponta-se que, cuidando das emissões dos poluentes dos ambientes internos, os efeitos negativos á saúde dos cidadãos pode ser minimizada.

A qualidade do ar de ambientes internos é considerada um problema global, isto porque um ar interno repleto de poluentes, podem afetar o bem estar dos habitantes daquele espaço. As fontes destes poluentes são as mais diversas e estão presentes nos produtos mais comuns do cotidiano como produtos de limpeza, por exemplo (NIEHS, 2022).

De acordo com o National Institute of Environmental Health Sciences (2022), a IAQ é um problema de escala global visto que a exposição a um ar poluído gera problemas de saúde a curto e longo prazo, como problemas respiratórios, problemas cardiovasculares, deficiências cognitivas e até mesmo, câncer.

Os poluentes internos podem ser provenientes de três fontes: atividades humanas, como limpeza, preparo de alimentos, fumar; vapores oriundos de materiais de construção, equipamentos e móveis; e de contaminantes biológicos como, mofos e vírus (NIESH, 2022).

Ainda, estes poluentes do ar interno podem ser divididos entre sólidos e gasosos. São considerados poluentes sólidos pequenas partículas de poeira e ou sujeira encontradas no ar. Considera-se poluentes gasosos, os compostos orgânicos voláteis, bem como ainda monóxido de carbono, dióxido sulfúrico, entre outros (REINO UNIDO, 2021).

3 METODOLOGIA

A estruturação deste trabalho se deu por meio da realização de um levantamento bibliográfico sobre o tema compostos orgânicos voláteis em tintas imobiliárias e a influência na qualidade do ar de ambientes internos. Os bancos de dados utilizados nesta pesquisa foram a Web of Science e a ScienceDirect.

Neste sentido, para seleção de artigos, as palavras-chave em inglês *Volatile Organic Compounds from house paints air quality* foram usadas para as bases de dados internacionais. Ainda, estabeleceu-se o recorte temporal de 2010 a 2022 para a coleta de dados, artigos dos tipos de pesquisa e revisão. Como critério de exclusão, artigos que não apresentassem as palavras chaves e/ou relação ao tema nos resumos disponíveis foram excluídos. Assim, foram selecionados 21 artigos que apresentaram informações relevantes ao tema de pesquisa, que tem seus resultados discutidos neste trabalho.

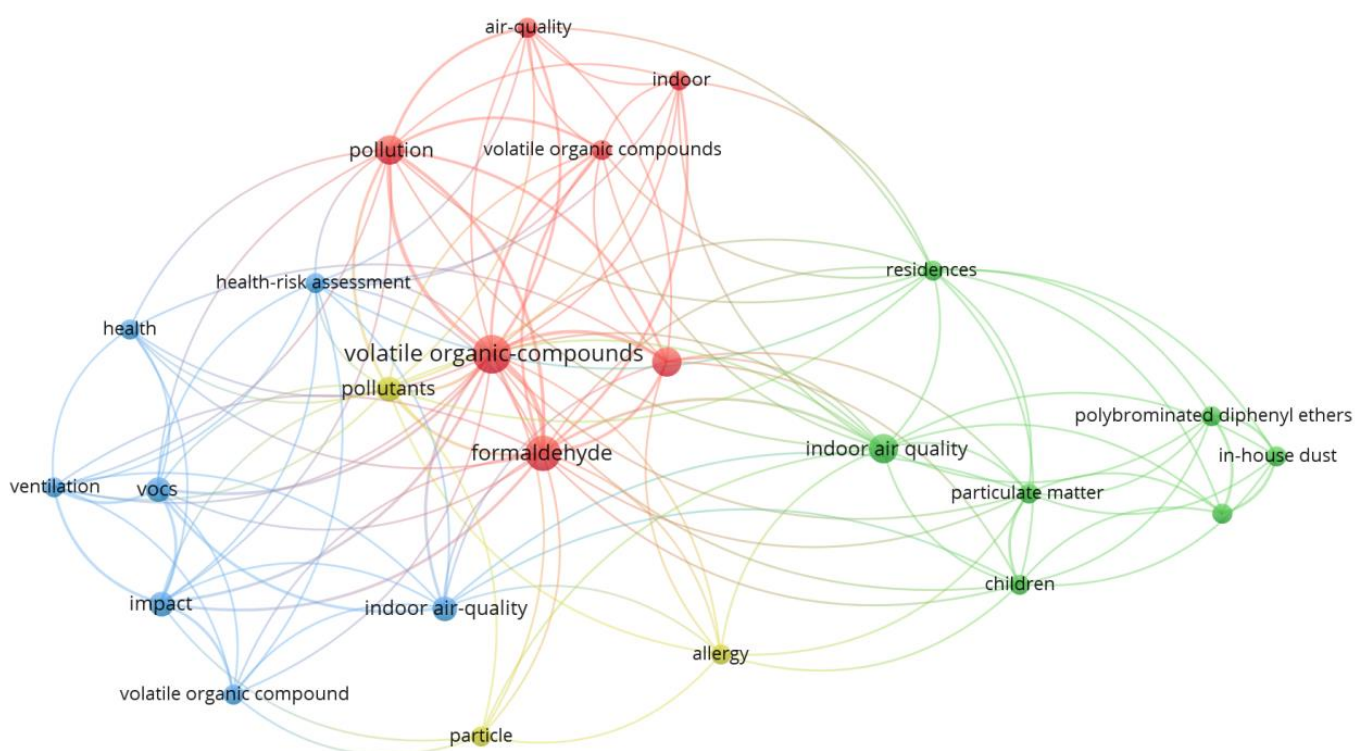
O software VOSviewer (VAN ECK & WALTMAN, 2020) foi utilizado para elaborar um mapa baseado nos dados bibliográficos obtidos pela Web of Science para essa pesquisa. Os periódicos foram exportados em formato .txt sem formatação e inseridos no VOSviewer, sendo utilizada a co-ocorrência como tipo de análise e todas as palavras-chave como unidade de análise. Para criar o mapa, foram selecionadas as palavras-chave com o mínimo de duas ocorrências.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos critérios estabelecidos na metodologia deste trabalho, foram selecionados 21 artigos, dentro do parâmetro temporal definido, onde procurou-se analisar os principais estudos sobre os compostos orgânicos voláteis de tintas imobiliárias e a influência deles na qualidade do ar de ambientes internos.

A seguir, na Figura 8, apresentam-se as palavras-chave nos artigos analisados na base de dados Web of Science e, com ajuda do programa VOSViewer, traçou-se as conexões das palavras chaves dos artigos analisados.

Figura 8 – Esquema com as palavras chaves dos artigos analisados na Web of Science



Fonte: Autoria própria a partir do VOSviewer (2023)

A seguir, no Quadro 1, apresenta-se as principais informações dos artigos apresentados neste trabalho:

Quadro 1 – Trabalhos consultados como base para desenvolvimento do trabalho.

Título	Autor (es)	Ano de publicação	País
Mathematical model for characterizing the full process of volatile organic compound emissions from paint	Xiaojun Zhou, Zhao Gao, Xinke Wang, Fenghao Wang	2020	China

film coating on porous substrates			
Volatile organic compound concentrations, emission rates, and source apportionment in newly-built apartments at pre-occupancy stage	Seung H. Shin, Wan K. Jo	2012	Coreia do Sul
Evaluation and analysis of volatile organic compounds and formaldehyde emission of building products in accordance with legal standards: A statistical experimental study	Seunghwan Wi , Man-Goo Kim , Seung-Woon Myung , Yong Kyu Baik , Kang-Bong Lee , Hea-Seung Song , Myung-Jin Kwak , Sumin Kim	2020	Coreia do Sul
Evaluation and characterization of volatile air toxics indoors in a heavy polluted city of northwestern China in wintertime	Yu Huang, Ting Su, Liqin Wang, Nan Wang, Yonggang Xue, Wanting Dai, Shun Cheng Lee, Junji Cao, Steven Sai Hang Ho	2019	China
A 3-year follow-up of indoor air quality and comfort in two energy-efficient houses	Mickäel Derbez, Bruno Berthineau, Valérie Cochet, Cécile Pignon, Jacques Ribéron, Guillaume Wyart, Corinne Mandin, Séverine Kirchner	2014	França
A long-term multi-parametric monitoring study: Indoor air quality (IAQ) and the sources of the pollutants, prevalence of sick building syndrome (SBS) symptoms, and respiratory health indicators	Sibel Mentese, Nihal Arzu Miricib , Tolga Elbirc , Elif Palaza, Deniz Tasdibi Mumcuoğlua , Osman Cotukera , Coskun Bakard , Sibel Oymakd, Muserref Tatman Otkun	2020	Turquia
A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control	Javier Gonzalez-Martín, Norbertus Johannes Richardus Kraakman, Cristina Perez, Raquel Lebrero, Raúl Munoz,	2021	Espanha
Indoor air quality requirements in green building certifications	Wenjuan Wei, Olivier Ramalho, Corinne Mandin	2015	N.A.

Assessment of building products attributes — A comparative study between eco-labelled and non-eco-labelled products available in the New Zealand market	Mariana C. Estevesa, David Deana, Michaela Balzarova	2017	Nova Zelândia
Source apportionment of volatile organic compounds in Hong Kong homes	H. Guo	2011	China
The Effect of Environmentally Friendly Wallpaper and Flooring Material on Indoor Air Quality and Atopic Dermatitis: a pilot study.	Jung Im Na; Sang Young Byu; Mi Young Jeong; Kyoung Chan Park; Chang Hun Hun	2014	Coreia
The home environment of junior high school students in Hyogo, Japan – Associations with asthma, respiratory health and reported allergies	Motoko Takaoka; Kyoko Suzuki; Dan Norbäck	2014	Japão
The Improvement of Indoor Air Quality in Residential Buildings in Dubai, UAE	Chuloh Jung; Jihad Awad	2021	Índia
Indoor and outdoor concentrations of BTEX and formaldehyde in Tehran, Iran: effects of building characteristics and health risk assessment	Mostafa Hadei, Philip K. Hopke, Mohammad Rafiee, Noushin Rastkari, Maryam Yarahmadi, Majid Kermani, Abbas Shamsavani	2018	Irã
Pollutants monitoring and air quality evaluation in a confined environment: The “Majesty” of Ambrogio Lorenzetti in the St. Augustine Church in Siena (Italy)	Cristiana Guerranti, Francesca Benetti, Raffaele Cucciniello, Damiano Damiani, Guido Perra, Antonio Proto, Federico Rossi, Nadia Marchettini	2016	Itália
Probabilistic Prediction Models and Influence Factors of Indoor formaldehyde and VOC levels in	Wu-Ting Lin, Ru-Yin Tsai, Hsiu-Ling Chen, Yaw-Shyan Tsay, Ching-Chang Lee	2022	Taiwan

Newly Renovated Houses			
Evaluating the emission of COVs and HCHO from furniture based on the surface finish methods and retention period	Mohammed Sherzad, Chuloh Jung	2022	Emirados Árabes
Thermal and health outcomes of energy eficiente retrofits of homes of older adults	S. Ahrentzen, J. Erickson, E. Fonseca	2015	Estados Unidos
Assessment of PM2.5, TVOCs, comfort parameters, and volatile organic solvents of paint at carpenter workshop and exposure to residential houses in Deir Ballout in Palestine	S. Jodeh, A. Chakir, Y. Massad, E. Roth	2022	Palestina
The link between residential air quality and children's health	Dikaia Saraga, Asimina Stamatelopoulou, Dimosthenis Asimakopoulos, Christos Vasilakos, Thomas Maggos	2017	N.A.
Area-specific airflow rates for evaluating the impacts of VOC emissions in U.S. single-family homes	Wenhao Chen, Andrew K. Persily, Alfred T. Hodgson, Francis J. Offermann, Dustin Poppendieck, Kazukiyo Kumagai	2014	Estados Unidos

4.1 A relação entre os compostos orgânicos voláteis e as tintas imobiliárias

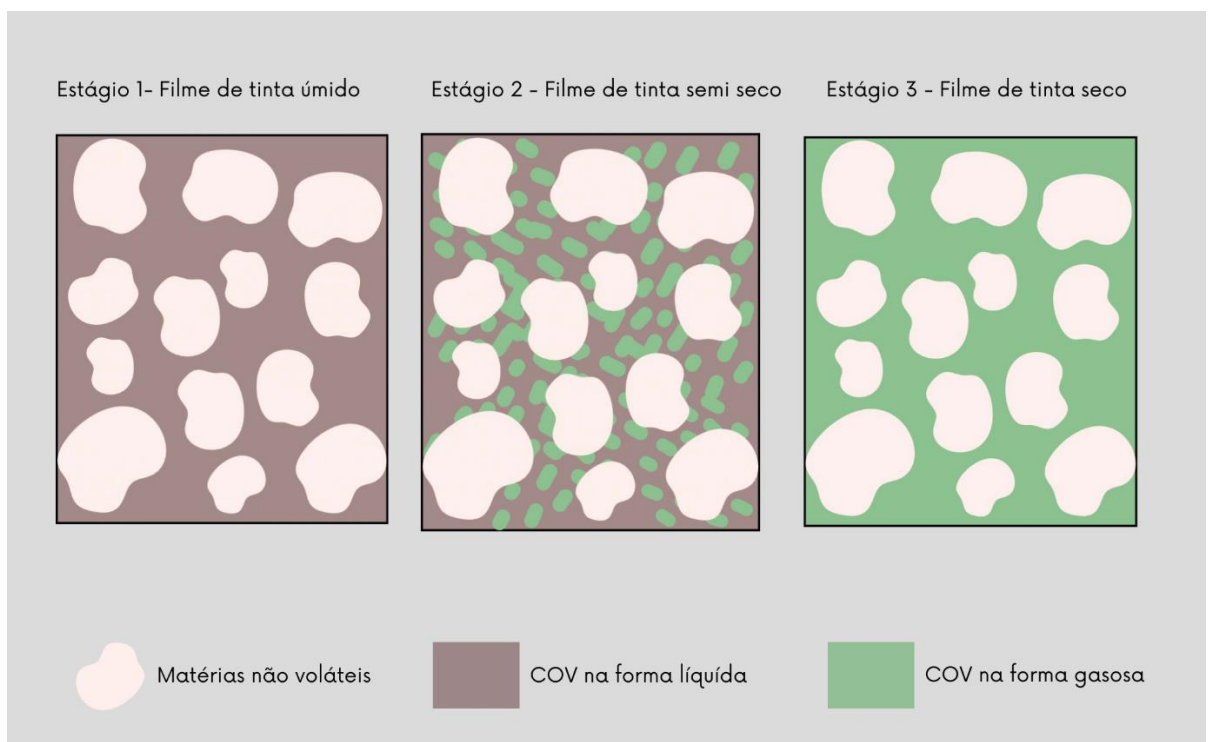
No artigo de Zhou et al. (2020), os autores apresentam um modelo matemático que descreve o processo de emissão de compostos orgânicos voláteis das tintas imobiliárias durante o processo de aplicação, até a cura final do produto.

Zhou et al (2020) aponta que diferentes de materiais sólidos, que podem ter seu COV definido a partir da massa do produto, estimar o COV de um produto líquido, neste caso, as tintas, é muito mais complexo, porque existe o processo de emissão desde a evaporação dos líquidos, até a diminuição da viscosidade do filme líquido com o tempo. Deste modo, com este apontamento feito, entende-se que este processo de emissão de COVs das tintas tem duração muito maior do que apenas no momento da aplicação, indicando que esta emissão acontece no ambiente interno por algum tempo.

Além disso, Zhou et al. apud Yang et al. (2020) descreve que existem alguns fatores que interferem na emissão de COVs das tintas imobiliárias, como a velocidade do ar, que possui influência na emissão inicial da tinta durante sua aplicação; a espessura do filme da tinta, que tem influência na emissão de médio a longo prazo da tinta e; a temperatura, que interfere em todos as etapas de emissão de COV de uma tinta, visto que estes voláteis, quando em maior temperatura, são mais propensos a escapes para a atmosfera.

Zhou et al (2020) também apresenta que quando a tinta seca, a emissão de COVs é menor de quando a tinta é recém aplicada nos substratos. Na Figura 9, os autores apresentam os três estágios de cura de um filme de tinta quando aplicado. Primeiro, quando os COVs ainda se apresentam em estado líquido e habitam o mesmo espaço das matérias não voláteis no filme no substrato, depois, quando iniciada a cura do filme e os COVs começam a ser emitidos para o ambiente. No terceiro quadrante da figura, quando os COVs já estão completamente na atmosfera interna do ambiente, apenas os compostos não voláteis estão no substrato.

Figura 9– Esquema demonstrativo do processo de emissão de COV durante a cura do filme de tinta.



Fonte: Adaptado de Zhou et al. (2020)

Ainda de acordo com Zhou et al. (2020), nas primeiras horas de aplicação de uma tinta, os níveis de concentração de COVs crescem rapidamente e logo atingem seu pico na primeira hora após aplicação do produto, conforme o tempo avança durante a análise e o filme de tinta

seca, a concentração de COVs no ambiente e a sua taxa de emissão diminuem. Zhou et al. (2020) também apontam que nas primeiras 24 horas de emissão, a concentração de COVs no ar e a sua emissão diminuem mais de 90% em comparação ao momento em que atingem o pico na primeira hora.

Além disso, esses autores mostram também que após 14 dias, os índices de concentração de COVs no ar e as taxas de emissões diminuíram em quatro ordens de magnitude em comparação com o pico, apontando que a tinta secou ao final de 272 horas. Deste modo, conseguem mostrar que os índices de COVs emitidos são maiores nas fases da tinta úmida e semisseca, em comparação com a fase seca. Neste estudo, os autores não consideraram que existissem COVs na parte sólida do filme, isto é, que os COVs existissem apenas na parte líquida, que posteriormente foi evaporada ao ambiente.

Os parâmetros do ambiente, como melhora de ventilação, no momento e após a aplicação de uma tinta, podem contribuir para a diminuição da concentração da taxa de COV no recinto (Zhou et al., 2020). Isto porque, Zhou et al. (2020) mostraram experimentalmente que ao acelerar o tempo de secagem da tinta, o pico de emissão e de concentração de COVs no ar sejam atingidos rapidamente, o tempo do estado semisseco seja menor, deste modo, diminuindo o tempo de emissão de COV no ar e aumentando sua qualidade.

A espessura do filme da tinta influencia a concentração e a taxa de emissão de COVs ao ambiente, isto por que, apontam que geram um maior tempo da tinta úmida, que é o período em que há maior emissão de COV e conseqüentemente, maior concentração de COV no ambiente interno (Zhou et al., 2020). Os autores mostram ainda que, um filme de tinta menos espesso possibilita que o pico de concentração de COVs no ar seja atingido em menor tempo, já que o processo de secagem do filme será mais rápido e que um filme mais espesso demora mais a secar, portanto, levando um tempo maior para atingir o pico da concentração de COV no ambiente (Zhou et al., 2020).

A influência da porosidade do substrato na emissão de COVs indicou que um substrato com menor índice de porosidade faz com que a secagem da tinta seja mais rápida e, portanto, a emissão de COVs ao ambiente ocorra em menor tempo que um substrato mais poroso, já que irá aumentar o tempo da fase da tinta úmida e semisseca (Zhou et al., 2020).

Este trabalho de Zhou et al. (2020) comprova que mesmo que os limites de COVs de uma tinta imobiliária sejam regulamentados por uma agência e/ou uma norma em um país, as condições do ambiente a qual a tinta será usada, bem como todo o processo de aplicação, implica em uma maior ou menor exposição aos COVs tanto para os habitantes deste ambiente, quanto o trabalhador envolvido no processo.

Ainda, é possível imaginar que, a exposição dos habitantes do ambiente no qual esteja sendo aplicado uma tinta aos COVs, também pode variar dependendo dessa aplicação ser realizada por um profissional ou por um leigo, visto que o controle de espessura de camada deve ser mais bem controlado e realizado quando realizado por um profissional.

No trabalho de WI et al. (2020), buscaram avaliar a emissão de COVs e formaldeído de materiais de construção em comparativo com a legislação da Coreia do Sul, a Indoor Air Quality Management Act. Nota-se que, neste trabalho, o formaldeído não foi considerado dentro dos COVs, mas sim um composto alheio, assim como Shin e Jo (2012).

No trabalho de Shine e Jo (2012), que também se passa na Coreia do Sul, os autores apontam a regulamentação “Indoor Air Act”. Em uma busca pela internet, encontrou-se resultados positivos para Indoor Air Quality Management Act, indicando talvez, que apesar da nomenclatura adaptada do trabalho, se trata da mesma regulamentação apontada no trabalho de Wi et al. (2020).

No estudo de Seumghwan et al. (2020), analisou-se 324 amostras de tintas, no período de 2008 a 2019 e não se definiu os tipos de COV encontrados, apenas sua quantidade total. Nota-se que, no período de 2004 até outubro de 2008, não haviam regulamentações quanto aos limites máximos de COVs nas tintas, apontando média de $0,973 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ para os COV totais e $0,008 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ para o formaldeído. De outubro de 2008 até a data de publicação do material, havia-se definido o limite de $2,5 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ para os COVs totais, na Indoor Air Quality Management Act., e desde então, as amostras analisadas não excederam os limites impostos, onde de 2008 a 2014, apresentaram média de $0,330 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$, de 2014 a 2017, de $0,082 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ e de 2017 até 2019 de $0,064 \text{ mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$. 0078

Observa-se com os resultados do trabalho de Seumghwan et al. (2020), que a implementação de legislações para os limites de COVs foi benéfica, visto que houve uma diminuição das taxas de COVs nos resultados obtidos e que, desde a validade dos limites, nenhum foi excedidos pelos produtos analisados, podendo ajudar na validação deste tipo de regulamentação para o nicho de produtos.

No trabalho de Estevesa, Deana e Balzarovab (2017), os autores comparam produtos com selo eco, produtos produzidos de forma sustentável e com baixos índices de COVs, com produtos sem selo eco da Nova Zelândia como carpetes, insumos para construção e tintas.

Os autores de Estevesa, Deana e Balzarovab (2017), apontam que os consumidores, na hora da escolha da compra de um produto eco levam em consideração a durabilidade, a confiabilidade, o preço e a qualidade no geral em comparação com os produtos sem o selo eco, porém afirmam que o principal motivo da escolha de um produto por consumidores é o preço

e, portanto, investigam a diferença entre o preço de tintas eco e não ecológicas. Esses autores verificaram que não houve diferenças entre as tintas eco e não eco, no quesito performance. Analisaram-se tintas de acabamento fosco, sendo 8 tintas com selo ecológico e 6 tintas sem selo ecológico, onde todas alcançaram o rendimento maior de $7 \text{ m}^2 \text{ L}^{-1}$, indicação de rendimento das tintas mais comuns da Nova Zelândia. Apontaram que as tintas com selo eco apresentaram um preço médio 40% maior que as tintas sem o selo. Na questão ambiental, as tintas com selo Eco apresentaram índices de COV menores que as tintas sem o selo. Ainda, constatam que, pelo maior preço das tintas ecológicas, os possíveis consumidores serão pessoas conscientes de questões ambientais, que podem entender a diferença de preço, não sendo atrativas para os consumidores menos informados sobre as questões ambientais. Esse trabalho leva ao questionamento que, apesar de serem melhores a saúde das pessoas, por obterem baixo COV, as tintas eco possuem preço mais elevado, o que pode impedir alguns grupos de pessoas a terem acesso a este tipo de produto (Estevesa, Deana e Balzarovab 2017).

O trabalho de Sherzad e Jung (2022), busca avaliar materiais para construção de móveis crus e seus diversos tipos de acabamento, buscando identificar o impacto de cada um deles na qualidade do ar de ambientes internos. Os tipos de materiais crus utilizados foram placas de MDF e PB, e dos diferentes tipos de acabamentos utilizados, as tintas à base de água foram uma delas.

Os testes realizados pelos autores com as tintas à base de água como acabamento dos dois tipos de materiais crus, demonstraram nível de emissão de COVs no ambiente em menores taxas que outros acabamentos utilizados na indústria, cerca de $0.492 \text{ mg m}^2 \text{ h}$, se mostrando, para móveis uma ótima opção para baixa emissão de COVs no ambiente, como apontado pelos autores (SHERZAD e JUNG, 2022).

4.2 A composição do ar de ambientes internos no mundo e a influência dos COVs

No trabalho de Shin e Jo (2012), os autores analisam as taxas de emissão, as fontes e as concentrações de COVs em apartamentos recém-construídos na Coreia do Sul, em etapa de preocupação. Primeiramente, os autores apontam que, apesar de diversos estudos para dimensionar as concentrações de COVs emitidos por diversos materiais de construção, normalmente eles acontecem em câmaras de ambiente de pequena escala, ou ainda em laboratórios, subestimando as emissões que acontecem em ambientes reais e, por vezes, ignorando os diversos aspectos de interferência de emissão como alteração de ventilação, umidade e temperatura, que podem ser ignoradas em testes em ambientes controlados. Além disso, também apontam que reações

químicas dos materiais com as estruturas dos apartamentos, também podem desencadear maiores níveis de COVs no ambiente.

Em conformidade com o estudo Zhou et al. (2020), os fatores citados causam interferência nas emissões de COVs, neste caso, nas tintas imobiliárias, e precisam ser considerados quando os estudos feitos em câmaras de ambiente para reproduzir mais fielmente os parâmetros de um ambiente qualquer, mesmo sabendo que cada país, época do ano, localização dentro de uma cidade, possam ter uma combinação de fatores diferentes.

Shin e Jo (2012) detalham no trabalho que avaliaram as concentrações de diferentes COVs e formaldeído, em três cidades da Coreia do Sul, duas em ambiente urbano e uma em ambiente rural. Detalham ainda, que a escolha de dois tipos de ambientes foi utilizada, pois os índices de COVs no ambiente externo também podem contribuir para o aumento de COVs no ambiente interno. Analisaram-se 107 apartamentos ao total, todos em pré-ocupação, que foram finalizados no período de 3 a 7 meses antes do início das avaliações.

Shin e Jo (2012) indicam que as medições para obtenção de resultados, seguiram as regulamentações propostas pelo “Indoor Air Act” da Coreia, regulamentação para controle da qualidade interna do ar. O trabalho desenvolvido pelos autores foi capaz de determinar 40 tipos diferentes de COVs em todas as amostras obtidas, nos diferentes ambientes estudados. Os autores indicam que 5% dos COVs das amostras foram atribuídas as tintas imobiliárias, provenientes dos compostos n-Heptano, que foi detectado em todas as amostras de ar interno analisados e o n-Octano. Os dois COVs referenciados as tintas, obtiveram média de emissão maior de $5 \mu\text{m m}^{-2} \text{h}^{-1}$.

O trabalho desenvolvido por Huang et al. (2019) avaliou componentes voláteis tóxicos em ambiente interno, durante o inverno, em uma cidade altamente poluída da China, onde foi analisado 11 habitações de quatro distritos urbanos da China, a fim de quantificar quais COVs seriam encontrados e a concentração total destes nos ambientes internos analisados.

O trabalho de Huang et al. (2019) apontou 65 COVs encontrados, com base no United States Environmental Protection Department, de 1999. Os COVs com maiores concentrações encontrados nas amostras obtidas no trabalho foram acetona, formaldeído, naftaleno, diclorometano, acetaldeído, tolueno, metil butil cetona.

Segundo Huang et al. (2019), estes compostos identificados são encontrados nas tintas imobiliárias, além disto, concluem que 11,9% dos COVs identificados nos testes são provenientes das tintas imobiliárias.

Diferente dos trabalhos dos trabalhos de Seumghwan et al. (2020) e Shin e Jo (2012), que usaram como base de avaliação do trabalho a legislação Indoor Air Quality Management

Act, da Coreia do Sul e apontaram o formaldeído como uma substância alheia aos COVs, o trabalho de Huang et al. (2019), utilizando como base o United States Environmental Protection Department, inclui o formaldeído como um COVs, indicando as diferenças nas legislações de cada país, mesmo que busquem o mesmo resultado final, a qualidade do ar de ambientes internos.

Neste trabalho, Derbez et al. (2014) analisaram durante 3 anos a qualidade interna do ar de 2 residências eficientes energéticas, no período de 2009 a 2012, na França. As análises foram feitas uma semana antes das casas serem ocupadas e no passar dos três anos, as análises ocorreram no período do inverno e do verão, seguindo os parâmetros da Indoor Air Quality, legislação da França.

Nos resultados no trabalho de Derbez et al. (2014), 9 COVs foram identificados em todas as amostras coletadas no período de teste, sendo estas: hexaldeído, formaldeído, acetaldeído, α -pineno, limoneno, tolueno, xileno, acroleína e trimetilbenzeno. Os resultados do trabalho dos autores apontaram que os índices de COVs foram maiores no período anterior a ocupação, do que no período em que as casas estavam ocupadas.

Durante o período de acompanhamento das residências ocupadas, Derbez et al. (2014) relatou pico de concentração de xileno nas casas, no inverno de 2009, onde os responsáveis pela coleta de amostras, indicaram odor forte de tinta em algumas casas, que mais tarde, foi confirmada por um questionário respondido pelos moradores das residências, que os imóveis haviam passado por uma reforma de pintura, anterior ao início das análises.

Derbez et al. (2014) indicam que a concentração de xileno, no período posterior a reforma da pintura das casas, foi de $38.4 \mu\text{m}^3$ na casa denominada B e $22.0 \mu\text{m}^3$ na casa denominada E, onde no período das casas ocupadas sem indícios de reforma, encontrou-se concentrações de xileno entre 2 a $3 \mu\text{m}^3$ casa B e na casa E, de 4 a $12 \mu\text{m}^3$.

Em comparativo com o estudo das emissões de COV das tintas durante todo o processo de cura do material, de Zhou et al (2020) com o trabalho de Derbez et al. (2014), nota-se a evidência de que a emissão de COV e a concentração dos voláteis é maior nos períodos próximos a aplicação e cura do produto e tendem a diminuir com o tempo, proporcionando concentrações menores de COV no ambiente.

González-Martin et al. (2021) desenvolveram um trabalho de revisão sobre a qualidade do ar em ambientes internos, bem como os poluentes do ar interno e mecanismos de controle para os poluentes internos.

Os autores González-Martin et al. (2021) atribuíram às tintas 7 componentes como poluentes do ar de ambientes internos, sendo eles: benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno,

formaldeído, tricloroetileno, α -pineno. Além disso, os autores discorrem também que, o motivo pelo qual há a ocorrência destes compostos nas tintas, são pelos solventes e aditivos utilizados nas formulações.

Gonzaléz-Matin et al. (2021) apontam no trabalho também que, a ocupação de casas devem ser evitadas por diversas semanas após reformas e ou construção, pois as emissões de COV diminuem com o tempo, evitando exposição nas altas taxas de emissão de COV.

Assim como o trabalho de Derbez et al. (2014), sendo apoiado pelo trabalho de Zhou et al. (2020), nota-se no trabalho de Gonzaléz-Matin et al. (2021), a evidência de que a emissão de COV e a concentração dos voláteis é maior nos períodos próximos a aplicação e cura do produto e tendem a diminuir com o tempo, proporcionando concentrações menores de COV no ambiente.

No trabalho de Wei, Ramalho e Mandin (2015), os autores pesquisam regulamentações quanto a certificações verdes, e os itens necessários para se obter a certificação e os itens de Indoor Air Quality (IQA) previstas nelas. Os autores analisaram 31 certificações de construção verde do mundo todo. Apenas 7,5% das regulamentações analisadas possuem medidas quanto a qualidade do ar de ambientes internos. Ainda, segundo a pesquisa dos autores, os COVs são apontados mundialmente, como a principal causa de poluição do ar interno, sendo considerado em 84% das regulamentações. Porém das 31 certificações analisadas, 21 delas não descrevem quais substâncias são apontadas como COVs, sendo apenas em 5 certificações em que os COVs são descritos. Apontam também que um dos seguimentos para o recebimento de certificações de construções verdes, é a escolha de produtos que contenham baixo COVs, para garantir maior qualidade interna do ar.

O apontamento feito por Wei, Ramalho e Mandin (2015), quanto as poucas regulamentações estarem descrevendo quais são os compostos que fazem parte dos COVs, confronta com os trabalhos que tratam o formaldeído como um COV, assim como ocorrem nos trabalhos de Derbez et al. (2014), Gonzaléz-Martin et al. (2021) e Huang et al. (2019), enquanto os trabalhos de Seumghwan et al. (2020) e Shin e Jo (2012) abordam o formaldeído separadamente aos COVs.

Guo (2011), em seu trabalho, realiza uma investigação em casas em Hong Kong, na China, recém construídas e próximas a grandes centros para apontar as principais fontes de compostos orgânicos voláteis nestas residências. Nas 100 residências investigadas, o autor identificou 15 tipos de COVs simultâneos em uma mesma amostra do ar. Ao final, indica que 4% do total de COVs encontrados nas casas são provenientes de tintas imobiliárias. Ainda,

destaca que 59% da concentração total encontrada de xileno e 39% da concentração encontrada de etilbenzeno, são atribuídas as tintas.

No trabalho de Jung e Awad (2021), buscaram analisar a qualidade interna do ar de novos projetos de residências de Dubai, de 2018 a 2020, em busca de verificar se amostras estão em concordância com as regulamentações para a qualidade interna do ar. Neste trabalho, além de verificar os índices de COVs no ar, também avaliou os índices de formaldeído, dióxido de carbono e dióxido de nitrogênio.

Segundo o estudo de Jung e Awad (2021), os maiores índices de COVs e formaldeído nas amostras, foram obtidos de casas em que foram utilizadas tintas à base de látex. Em seguida, os autores avaliaram dois tipos de tintas, tintas aquosas e tintas à base de óleo. Nos resultados apontados, as tintas à base de óleo possuem emissão de COVs 30% maiores que tintas à base de água, sendo os principais COVs encontrados: tolueno, xileno e benzeno. Os autores preferiram testes de emissões de COVs das tintas em temperaturas mais baixas e temperaturas mais altas que a ambiente, detectando, que as emissões de COVs são maiores em temperaturas também maiores. Deste modo, atribuíram os maiores índices de COVs para as tintas e principalmente, para as tintas à base de óleo.

Neste trabalho, Hadei et al. (2018) avaliou 45 casas, distribuídas em 5 diferentes distritos de Tehran, no Irã e buscaram selecionar casas construídas em até dois anos. Possibilitaram que os residentes respondessem um questionário dando diversas informações sobre as casas para poder caracterizá-las e entenderem os produtos nela utilizados.

Com base na regressão linear, puderam caracterizar as emissões de benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e formaldeído provenientes de diferentes materiais utilizados nas construções. No estudo, os autores identificaram que casas onde tintas à base de óleo foram utilizadas, maiores índices de benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno foram encontrados, sendo responsável por 29% da quantidade de benzeno identificado nas amostras. Ainda, apontaram que todos os índices encontrados dos compostos nas amostras, estavam acima do permitido na legislação Europeia dos compostos para uma melhor qualidade do ar de ambientes internos.

Guerranti et al. (2016) buscaram investigar os poluentes e a qualidade do ar dentro da Capela de Saint Augustine em Siena, na Itália, a fim de quantificar qual a influência das pinturas ali expostas na qualidade do ar e em paralelo, um comparativo com amostras de ar de residências também da cidade de Siena. As amostras analisadas de dentro da capela incluíram amostras do ar de diferentes localidades, bem como, próximas a pintura.

Os autores identificaram que na Capela, os resultados encontrados de concentração do benzeno, xileno, etilbenzeno e tolueno, se encontraram sempre abaixo do limite da legislação

italiana para o ambiente. Apenas notou-se que, para o tolueno, os níveis de concentração perto da porta de entrada da capela foram maior, onde os autores atribuíram a influência da qualidade do ar externo (GUERRANTI et al., 2016).

No estudo de Lin et al. (2022) foram analisadas 11 residências recém renovadas em Taiwan, onde se coletou amostras de ar em diferentes cômodos das residências para analisar a influência do formaldeído e dos COVs na qualidade do ar, além de analisarem as concentrações nos ambientes com as janelas abertas, possibilitando a ventilação e com as janelas fechadas.

Os resultados encontrados pelos autores mostram aumento significativo nas concentrações de formaldeído e outros COVs nas amostras coletadas em ambiente interno com janelas fechadas, deste modo, sem ventilação no ambiente. Os autores calculam uma média de $136,7 \mu\text{g m}^3$ de concentração de formaldeído nos quartos analisados com janelas abertas, enquanto para quartos com janelas fechadas, encontram média de concentração de $289,1 \mu\text{g m}^3$. Já para os demais COVs, nos quartos com janelas abertas, encontrou-se média de concentração de $88,11 \mu\text{g m}^3$ e para janelas fechadas, concentração de $220,6 \mu\text{g m}^3$. Ainda, descrevem que o tolueno foi o composto com maior nível de concentração destes COVs (LIN et. al, 2022).

Com os dados experimentais obtidos, Lin et al. (2022) compara com as legislações de Taiwan e dos limites impostos para a Europa pela World Health Organization e detecta que os limites excedem os apontados nestas regulamentações, principalmente do tolueno, apontando como uma das fontes as tintas utilizadas nos processos de reformas das residências.

O trabalho de Jodeh et al. (2022) buscou analisar amostras de ar interno de 3 casas e escola que compõem os arredores de uma carpintaria na Palestina. Os COVs selecionados para a análise no trabalho foram tolueno, xileno, acetato de etila e acetato de n-butila que, segundo os autores, fazem parte da composição da tinta utilizada como acabamento nas peças feitas na carpintaria de estudo.

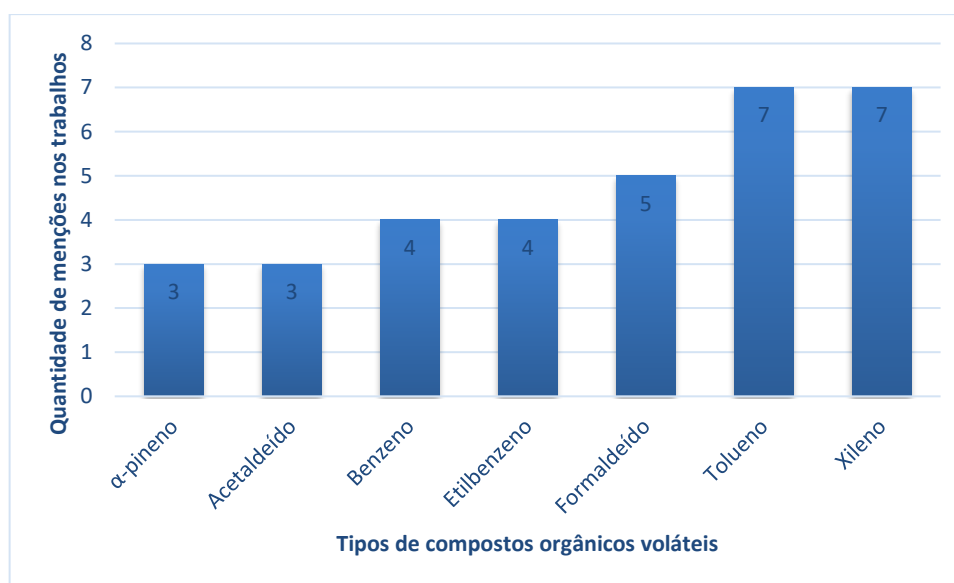
Os autores mencionam que, apesar das tintas emitirem a maior parte de seus COVs durante seu processo de secagem, uma parte ainda continua sendo emitida por anos após a pintura inicial, podendo então ser um risco potencial aos moradores destas casas. Durante os três meses de acompanhamento de análises de amostras de ar, os autores notam que as emissões de cada COVs mudaram durante certos períodos e que quanto mais distante a localidade das residências e escola analisadas, menores eram os índices destes COVs no ar interno. Ainda, apontam que mesmo com as divergências de concentração de COVs mudarem em determinados períodos, a concentração total destes COVs se encontrou de 10 a 30% acima dos limites impostos pelas regulamentações vigentes (JODEH et al, 2022).

Ainda, Jodeh et al. (2022), aponta que os COVs em maiores concentrações neste estudo foram o tolueno e o xileno e que os altos índices de COVs encontrados aos arredores da carpintaria se põem ao fato do estabelecimento estudado possuir pouca ventilação, fazendo que as concentrações destes compostos sejam emitidos nos arredores da mesma.

Neste trabalho, Chen et al. (2014) desenvolvem um trabalho através de um banco de dados sobre informações de casas de famílias únicas nos Estados Unidos, em busca de avaliar o impacto da emissão de COVs em materiais comuns de construção na qualidade do ar destas casas. Apontam que, diante dos diversos tipos de materiais utilizados para a pesquisa, as tintas obtiveram uma das menores taxas de emissão de COVs, tendo baixo impacto na qualidade total do ar destas residências.

Ao comparar os resultados encontrados nos diversos artigos abordados aqui, foi possível identificar os compostos orgânicos voláteis com maior menção presentes na composição do ar dos ambientes internos analisados, como apontado no Gráfico 1.

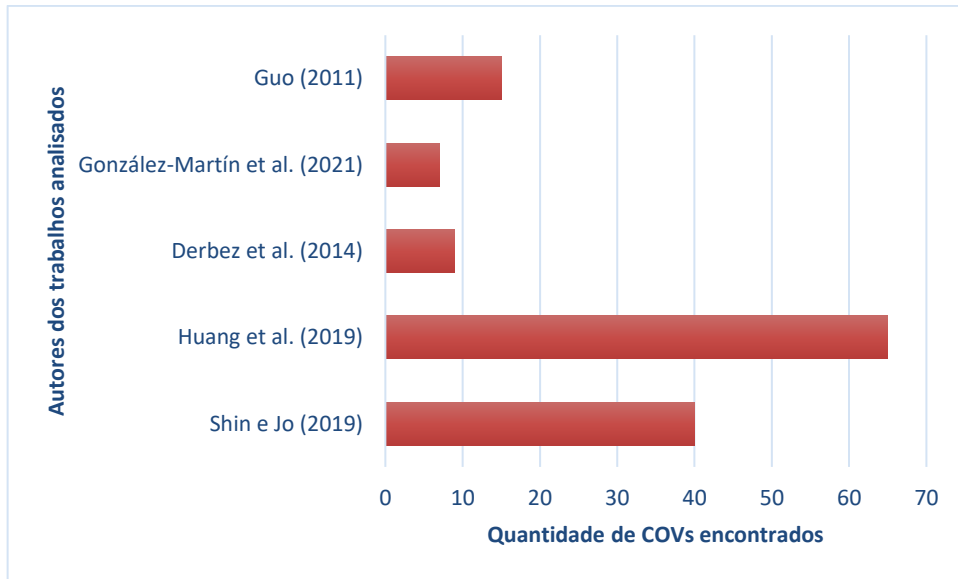
Gráfico 1 – Números de menções dos principais COVs apontados na composição do ar de ambientes internos dos diversos estudos analisados.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Além disto, nos trabalhos discutidos no tópico, quantidades diferentes de COVs foram encontrados nas amostras de ar analisadas, determinando que os mais diversos aspectos impactam na composição do ar de ambientes internos. As quantidades de COVs encontradas em alguns trabalhos são comparadas no Gráfico 2.

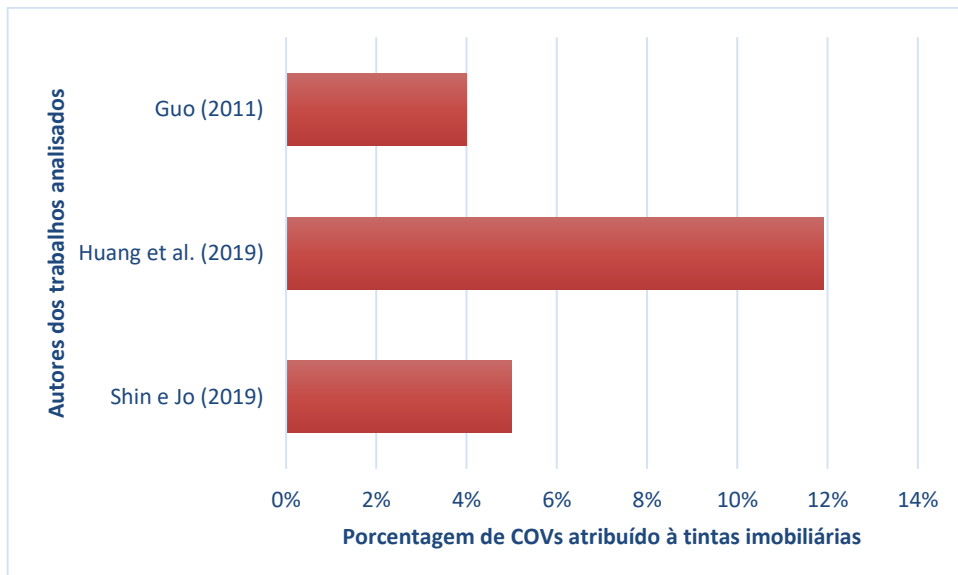
Gráfico 2 – Quantidade de COVs encontrados nos ambientes internos apontados nos trabalhos nas amostras de ar.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Ainda, nos trabalhos de Shin e Jo (2012), Huang et al. (2019) e Guo (2011), da quantidade total encontrada de COVs nas amostras de ar analisadas, os autores especificaram a porcentagem destinada como fonte as tintas imobiliárias, onde os dados encontrados pelos autores estão no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Porcentagem de COVs apontada como fonte os compostos orgânicos voláteis de tintas imobiliárias.



Fonte: Autoria Própria (2023).

4.3 A influência na saúde ocasionada pelos compostos orgânicos voláteis e ambientes com baixa qualidade do ar interno.

O trabalho de Mentese et al. (2020), aborda um estudo de longo prazo sobre a qualidade do ar de ambiente internos, as fontes de poluentes, os sintomas do sick building syndrome (SBS) e os indicadores de saúde respiratória, na Turquia.

Mentese et al. (2020) menciona que o sick building syndrome (SBS), que em português em uma tradução literal, síndrome do edifício doente, diz respeito a uma doença, onde pessoas apresentam sintomas da saúde inespecíficos e combinados, resultados de uma baixa qualidade interna do ar. Portanto, apontam que pessoas que passam grande tempo em edifícios com baixa qualidade do ar podem sentir efeitos na saúde causados pelos diversos poluentes a que estão expostos.

Segundo Mentese et al. (2020), um edifício, pode ser considerado um “sick building”, ou “edifício doente” por diversos fatores como: ventilação insuficiente, umidade, luz, poluentes dentro e fora do ambiente, entre outros. Além disso, também apontam que os moradores de um “edifício doente” podem apresentar sintomas como: irritações nos olhos, garganta e nariz, irritação na pele, problemas neurológicos, reações de hipersensibilidade não específicas, sensação de odores e cheiros.

No trabalho de Mentese et al. (2020), os autores investigaram 121 casas em 3 cidades diferentes da Turquia, compararam amostras externas do ar com as internas recolhidas e identificaram os fatores do ambiente que levam a ocorrência do SBS, bem como, investigação nos sintomas apresentados. Os autores documentaram que, altos índices de benzeno foram encontrados nas casas da cidade de Lapseki, que haviam sido recém pintadas. Nesta cidade, os principais sintomas veiculados pelos moradores de edifícios foram: fadiga, sintomas similares a gripe e dificuldade de concentração.

Como apontado pelo trabalho de Mentese et al. (2020), um habitante de uma residência com baixa qualidade de ar, pode desenvolver diversos problemas de saúde, o que pode acarretar em uma sobrecarga no sistema de saúde, ou então gastos extrapolados com insumos da área de saúde, como remédios e exames, acabando que uma possível economia, na escolha de um produto não eco, não ocorra integralmente a longo prazo.

Na et al. (2014) relatam que diversas pessoas notam uma piora no quadro de eczema quando passam por reformas em suas casas ou fazem mudança para casas recém-construídas, e que esse agravamento pode ser causado pelos COVs e formaldeído presentes nos mais diversos materiais de construção, como as tintas. Neste trabalho, os autores realizam uma pesquisa com 24 crianças portadoras de eczema nível médio, onde reformam as casas dos participantes com

produtos à base de plantas e sílicas, tanto em pisos e paredes e os acompanham durante 12 semanas, alternando entre semanas na avaliação do eczema dos pacientes e da qualidade do ar das casas.

Deste modo, Na et al (2014), retratam que na semana dois, os níveis de formaldeído diminuíram de maneira significativa depois da reforma, e continuaram diminuindo até a semana 10, última semana avaliada, chegando a apontar cerca de 60% de diferença em comparação ao nível inicial de formaldeído no ar após a reforma. Para os COVs, os autores notaram diminuição nos níveis no ar após a semana dois, porém na semana seis e 10, notaram que estes níveis voltaram a subir, e atribuíram isso a outros objetos das residências, como os móveis.

Ainda, segundo Na et al (2014), realizaram um teste de correlação entre a eczema e quadros de coceira nos ferimentos, com a qualidade interna do ar e não encontraram nenhuma válida, porém notam que os participantes nas quais as casas obtiveram redução rápida de formaldeído no ambiente, obtiveram melhora na eczema e demais sintomas da doença.

Na et al (2014), apontam as tintas como uma das principais fontes de COVs nos ambientes internos, principalmente após períodos de reformas. Desta forma, apontam que, mesmo realizando uma reforma com produtos ecologicamente corretos com o ambiente, ainda assim os pacientes com caso um pouco mais grave dentre os participantes, obtiveram piora nos sintomas de eczema, porém nos pacientes com quadro menos grave de eczema, obtiveram melhores resultados, com baixo agravamento do quadro. Apontam também no trabalho, que o formaldeído pode apresentar maior agravamento no quadro de eczema que os outros COVs.

O trabalho desenvolvido por Takaoka, Suzuki e Norbäck (2016), investigou o ambiente de casas de estudantes do ensino fundamental de Hyogo, no Japão e a relação com quadros de asma e outras alergias respiratórias. Neste estudo, 1048 estudantes responderam questionários sobre suas residências e saúde respiratória.

Os autores, Takaoka, Suzuki e Norbäck (2016), levantaram que 16,8% dos alunos tiveram quadros de asma nos últimos 12 meses e que ainda, 13,4% já haviam sido diagnosticados como asmáticos por médicos. Também notaram que 50% dos alunos sentiam ataques de falta de ar durante o dia. Ainda, 7,8% dos alunos apontaram que nos últimos 12 meses suas residências haviam passado por novas pinturas internas, apontando 8,78 razões de chances entre os quadros de asma e alergia estarem relacionados a essas pinturas internas, sendo estes, um dos principais parâmetros detectados pelos autores como (influentes na saúde dos alunos participantes. Além disso, também notaram a relação entre os alunos que viveram em casas recém pintadas e ataques que falta de ar durante o dia.

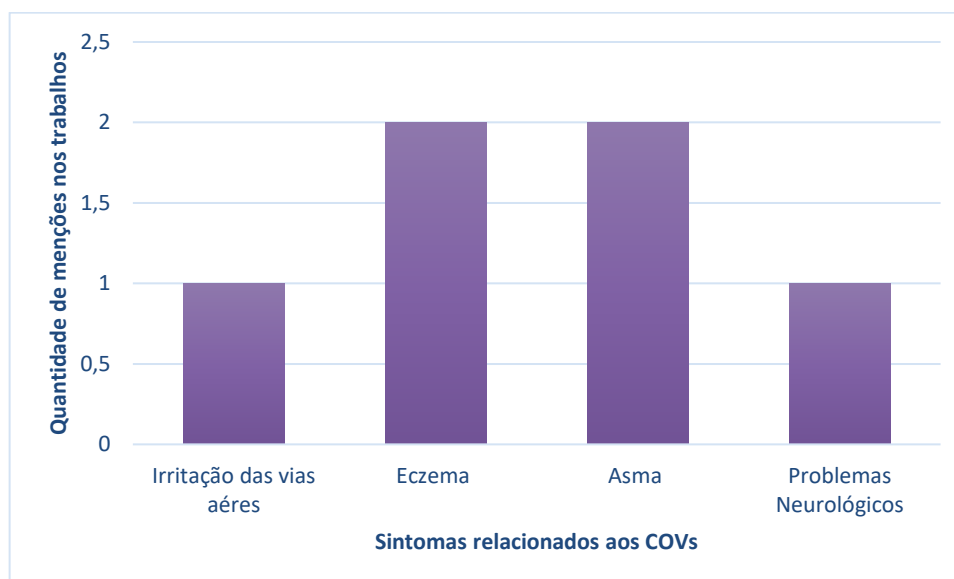
O trabalho de Ahrentzen, Erickson e Fonseca (2015), buscou analisar os impactos de reformas para a melhoria da eficiência energética de apartamentos com muitos anos de construção, ocupados por pessoas de idade avançada, em média de 73 anos, analisando cerca de 53 casas desta natureza.

Neste trabalho, os autores apontaram que as renovações para um ambiente com melhor eficiência energética, possui impacto direto na saúde de idosos, como melhora do sono, de situações de sofrimento, bem como a qualidade de vida e de saúde dos moradores. Além disso, também identificaram que com estas reformas, houve diminuição dos índices de formaldeído no ambiente, que também impactaram na melhora da qualidade de vida e de saúde dos moradores em um período de 3 meses após as reformas ocorridas (Ahrentzen, Erickson e Fonseca, 2015).

Saraga et al. (2017) desenvolveram um trabalho de revisão bibliográfica sobre a relação entre a qualidade do ar de residências e a saúde das crianças que ali vivem. Os autores pontuam que diversos trabalhos na literatura citam como o principal problema de saúde em crianças relacionados a COVs, a asma. Pontuam que grande parte dos trabalhos onde apontados a asma como relação a COVs em crianças, o ar a qual estes estavam expostos apresentavam níveis acima dos impostos em legislações vigentes nos países estudados.

De acordo com os trabalhos analisados, os principais problemas de saúde relacionados à exposição de uma baixa qualidade do ar relacionada a COVs, pode ser analisado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Principais problemas de saúde mencionados nos artigos analisados relacionados à COVs.



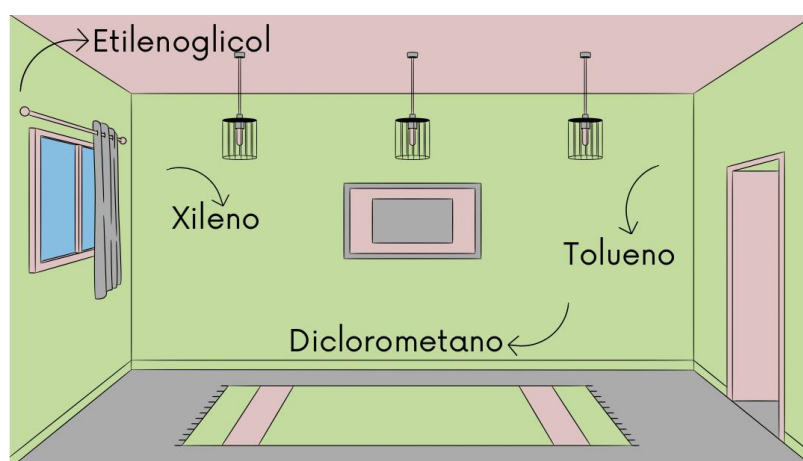
Fonte: Autoria Própria (2023).

Na revisão destes trabalhos, é possível avaliar a importância dos COVs das tintas nas concentrações totais de COVs nas casas, e sua parcela de influência na poluição do ar de ambientes internos.

Além disso, como apontado nos trabalhos de Estevesa, Deana e Balzarovab (2017), Wei, Ramalho e Mandin (2015), tintas com baixo índice de COV são garantia de melhora na qualidade do ar interna influenciada por tintas imobiliárias. Porém, também se faz necessário regulamentações sobre os índices de COV nas tintas, definindo globalmente quais compostos estão inseridos dentro da nomenclatura e dimensionando todos os impactos que geram a saúde humana, para que os impactos sejam vistos em todo o mundo. Desta forma, com o tópico bem definido, ocorra assim como visto no trabalho de Seumghwan et al. (2020), a garantia de que as emissões dentro das regulamentações serão cumpridas, beneficiando toda a população. Idealmente ainda, que estas futuras regulamentações sobre os COVs trabalhe os limites de cada substância individualmente além do COV total, levando em consideração seus níveis de toxicidade, a fim de evitar informações diferentes nas regulamentações de diversos países, como visto na inclusão ou não, do formaldeído como COV.

Além disso é possível elucidar com o trabalho, tamanha exposição a que os humanos estão propensos dentro de suas próprias casas, apenas utilizando materiais comuns do dia a dia, fazendo com que diversos compostos voláteis estejam presentes no ar de suas próprias residências, como exposto na Figura 10, sem ao menos entender seus riscos à saúde.

Figura 10 – Representação de ambiente interno de uma casa e os COVs que podem estar presentes no ar interno.

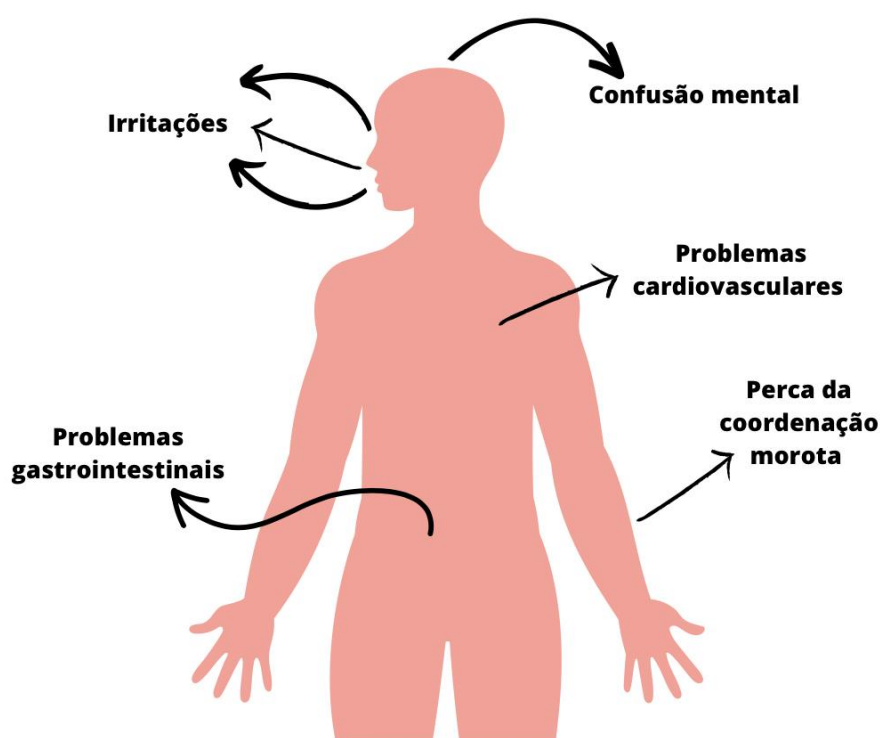


Fonte: Autoria própria (2023)

Como apresentado no trabalho, os altos índices de COVs no ar interno e sua qualidade, afetam diretamente a saúde de todos os moradores destas residências. Com sintomas alguns comuns á outras doenças, outros que ocorrem de maneira gradativa, mas muito incisivos, os

impactos na saúde são diversos, como apontado na Figura 11. Doenças como a Sick Building Síndrome, problemas cognitivos e cardiológicos são alguns destes.

Figura 11– Esquema demonstrativos dos efeitos á saúde humana causados por alta exposição aos COVs



Fonte: Autoria própria (2023)

Estes problemas de saúde ainda afetam diversas áreas da sociedade. Os habitantes destas residências com baixa qualidade do ar, já que terão uma menor qualidade de vida, ainda lidarão com custos de medicamentos e outros encargos médicos. Os sistemas de saúde também podem ser afetados, principalmente o público, lidando com muito mais doentes, podendo ocasionar uma sobrecarga do sistema. O sistema de governo, custeando todos estes encargos, por exemplo.

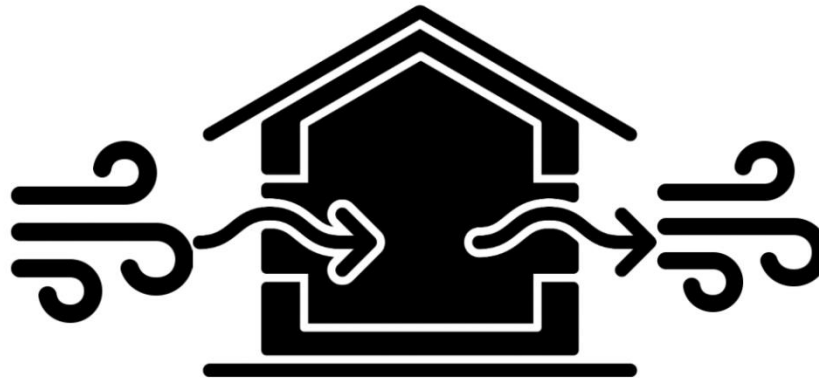
Analisando todo o panorama no qual a situação está envolvida e levando em consideração os dados levantados nos trabalhos analisados, pode ser possível refletir em tratativas para contenção do problema. Como já citado anteriormente, regulamentações tanto para a indústria de tintas, na limitação dos níveis de COVs, tanto para outros nichos de produtos, são maneiras de garantir a saúde dos consumidores e trabalhadores dos ramos.

Ainda, outras pequenas ações, dentro das próprias residências, podem garantir uma menor exposição dos habitantes a uma baixa qualidade do ar, como a melhoria na ventilação. Deixar janelas abertas, durante e após o período de aplicação de tintas, evitar o uso de ar-

condicionados, e mantê-los limpos, implicam em um maior fluxo de ar dentro do ambiente, como mostrado na Figura 12, havendo a troca de ar no ambiente interno. A ventilação durante a aplicação de tintas se faz necessário justamente por essa troca de ar do ambiente interno com o externo, permitindo que COVs fiquem no ambiente interno por menor tempo, sendo essencial durante o período de reforma e o que segue.

Também, que se evite a permanência dentro de um ambiente no qual se passa por uma reforma, ou então em um local recém terminado, já que assim como mostrado no trabalho, os índices de emissão de COV diminuem com o passar do tempo, deste modo, seria possível não se expor durante as maiores concentrações de COV no ar.

Figura 12 - Esquema representativo da ventilação de casas para a troca do ar interno



Fonte: Autoria própria (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida observou as influências dos compostos orgânicos voláteis na qualidade interna do ar nos diversos artigos analisados. Deste modo, foi possível entender os principais compostos encontrados em amostras coletadas em ambiente internos que são atribuídos a tintas, como o xileno, tolueno e etilenoglicol e a influência que estes causam a saúde humana.

Ainda, possibilitou-se entender que os COVs atribuídos as tintas, somam em média 4% dos COVs totais em um ambiente interno, principalmente em residências recém terminadas ou reformadas. Por meio dos trabalhos analisados, também foi possível entender que fatores como temperatura, umidade, ventilação, espessura de filme e o tipo de tinta, impactam diretamente na concentração de COV no ambiente, bem como, na qualidade do ar interno.

Nesse sentido, entendendo os principais COVs atribuídos as tintas, foi possível constatar a influência dos COVs na saúde dos habitantes de ambientes internos expostos a essas condições, que podem levar a distúrbios intestinais, renais, cardiológicos, respiratórios, dermatológicos, neurológico e motores, reforçando a necessidade de legislações globais que limitem a estas emissões e assim preservem os seres humanos a estes problemas.

Nesse contexto, observou-se que pequenas ações dentro das residências podem ser o suficiente para elevar a qualidade do ar e interno e prevenir os diversos problemas já citados. Uma boa ventilação de uma residência, faz com que o ar interno circule, e os COVs ali presentes sejam carregados para fora do ambiente, prevenindo distúrbios como a sick building bindrome, citada no trabalho, que tem grande influência em prédios onde a ventilação ocorre por meio de ar-condicionados.

Não se abrigar em um ambiente recém-construído ou reformado, assim como uma boa ventilação neste período, ajuda os habitantes destes recintos se tornarem menos propensos as doenças e implicações causadas pelos COVs das tintas, isto porque, o trabalho mostrou que os picos de concentração de COVs nos ambientes ocorrem durante a aplicação e as horas seguintes e que, mesmo após algumas semanas, as emissões ainda acontecem.

Para trabalhos futuros, a investigação dos níveis de COVs nas tintas comercializadas no país, bem como o cálculo da concentração destes compostos durante os períodos iniciais de aplicação, trariam excelentes dados para compreendermos um pouco do panorama do assunto em nossas condições de clima, habitação e de qualidade do ar, complementando os dados da literatura.

REFERÊNCIAS

ABRAFATI (São Paulo). **Dados do setor**. 2023. Disponível em: <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>. Acesso em: 09 fev. 2023.

AHRENTZEN, S.; ERICKSON, J.; FONSECA, E. Thermal and health outcomes of energy efficiency retrofits of homes of older adults. **Indoor Air**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 582-593, 31 ago. 2015. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1111/ina.12239>.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (Estados Unidos). **Standard Practice for Determining Volatile Organic Compound (VOC) Content of Paints and Related Coatings**. 2018. Disponível em: <https://compass.astm.org/document/?contentCode=ASTM%7CD3960-05R18%7Cen-US>. Acesso em: 02 fev. 2022.

ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

BARRIOS, Silmar. **Manual Descomplicado de Tecnologia de Tintas: um guia rápido e prático para formulação de tintas e emulsões**. São Paulo: Blucher, 2017. 228 p.

BENDER, L.(Brun-Conti). Architectural Paint. **Encyclopedia Of Forensic Sciences**, [S.L.], p. 250-256, 2013. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-382165-2.00107-0>.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **Suggested Control Measure for Architectural Coatings**. 2020. Disponível em: https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-07/2020SCM_final.pdf. Acesso em: 23 fev. 2023.

CANADÁ. **Volatile Organic Compound Concentration Limits for Certain Products Regulations**. 2021. Disponível em: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2021-268/index.html>. Acesso em: 23 fev. 2023.

CHEN, Wenhao; PERSILY, Andrew K.; HODGSON, Alfred T.; OFFERMANN, Francis J.; POPPENDIECK, Dustin; KUMAGAI, Kazukiyo. Area-specific airflow rates for evaluating the impacts of VOC emissions in U.S. single-family homes. **Building And Environment**, [S.L.], v. 71, p. 204-211, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.09.020>.

DERBEZ, Mickaël; BERTHINEAU, Bruno; COCHET, Valérie; PIGNON, Cécile; RIBÉRON, Jacques; WYART, Guillaume; MANDIN, Corinne; KIRCHNER, Séverine. A 3-year follow-up of indoor air quality and comfort in two energy-efficient houses. **Building And Environment**, [S.L.], v. 82, p. 288-299, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.08.028>.

ESTADOS UNIDOS. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Technical Overview of Volatile Organic Compounds**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds#3>. Acesso em: 03 jan. 2023.

ESTADOS UNIDOS. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **What are volatile organic compounds (VOCs)?** 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-are-volatile-organic-compounds-vocs>. Acesso em: 10 dez. 2022.

ESTADOS UNIDOS. MINNESOTA DEPARTMENT OF HEALTH. **Volatile Organic Compounds in Your Home**. 2022. Disponível em: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/air/toxins/voc.htm>. Acesso em: 09 dez. 2022.

ESTADOS UNIDOS. THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Ethylene Glycol: Systemic Agent**. 2021. Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750031.html. Acesso em: 02 fev. 2023.

ESTADOS UNIDOS. THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Toluene**. 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/toluene/default.html>. Acesso em: 02 fev. 2023.

ESTADOS UNIDOS. THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Xylene**. 2019. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/xylene/>. Acesso em: 02 fev. 2023.

ESTEVEZ, Mariana C.; DEAN, David; BALZAROVA, Michaela. Assessment of building products attributes — A comparative study between eco-labelled and non-eco-labelled products available in the New Zealand market. **Sustainable Production and Consumption**, [S.L.], v. 10, p. 100-109, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2017.02.003>.

FAZENDA, Jorge M. (org.). **Tintas: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 1146 p.

GONZÁLEZ-MARTÍN, Javier; KRAAKMAN, Norbertus Johannes Richardus; PÉREZ, Cristina; LEBRERO, Raquel; MUÑOZ, Raúl. A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control. **Chemosphere**, [S.L.], v. 262, p. 128376, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128376>.

GUERRANTI, Cristiana; BENETTI, Francesca; CUCCINIELLO, Raffaele; DAMIANI, Damiano; PERRA, Guido; PROTO, Antonio; ROSSI, Federico; MARCHETTINI, Nadia. Pollutants monitoring and air quality evaluation in a confined environment: the ‘majesty’ of ambrogio lorenzetti in the st. augustine church in siena (italy). **Atmospheric Pollution Research**, [S.L.], v. 7, n. 5, p. 754-761, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2016.04.002>.

HADEI, Mostafa; HOPKE, Philip K.; RAFIEE, Mohammad; RASTKARI, Noushin; YARAHMADI, Maryam; KERMANI, Majid; SHAHSAVANI, Abbas. Indoor and outdoor concentrations of BTEX and formaldehyde in Tehran, Iran: effects of building characteristics and health risk assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, [S.L.], v. 25, n. 27, p. 27423-27437, 23 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-2794-4>.

HONG KONG. ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT. **Volatile Organic Compounds and Smog**. 2021. Disponível em: https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/vocs_smog.html. Acesso em: 24 mar. 2023.

HONG KONG. **VOC content limits for regulated architectural paints**. 2014. Disponível em:

https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/MaxVOC_paints.html. Acesso em: 23 fev. 2023.

HUANG, Yu; SU, Ting; WANG, Liqin; WANG, Nan; XUE, Yonggang; DAI, Wanting; LEE, Shun Cheng; CAO, Junji; HO, Steven Sai Hang. Evaluation and characterization of volatile air toxics indoors in a heavy polluted city of northwestern China in wintertime. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 662, p. 470-480, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.250>.

JODEH, S.; CHAKIR, A.; MASSAD, Y.; ROTH, E. Assessment of PM2.5, TVOCs, comfort parameters, and volatile organic solvents of paint at carpenter workshop and exposure to residential houses in Deir Ballout in Palestine. **International Journal of Environmental Science And Technology**, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 775-784, 11 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13762-020-02877-9>.

JUNG, Chuloh; AWAD, Jihad. The Improvement of Indoor Air Quality in Residential Buildings in Dubai, UAE. **Buildings**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 250, 10 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings11060250>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/6/250>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LIN, Wu-Ting; TSAI, Ru-Yin; CHEN, Hsiu-Ling; TSAY, Yaw-Shyan; LEE, Ching-Chang. Probabilistic Prediction Models and Influence Factors of Indoor Formaldehyde and VOC Levels in Newly Renovated Houses. **Atmosphere**, [S.L.], v. 13, n. 5, p. 675, 23 abr. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos13050675>.

MENTESE, Sibel; MIRICI, Nihal Arzu; ELBIR, Tolga; PALAZ, Elif; MUMCUOĞLU, Deniz Tasdibi; COTUKER, Osman; BAKAR, Coskun; OYMAK, Sibel; OTKUN, Muserref Tatman. A long-term multi-parametric monitoring study: indoor air quality (iaq) and the sources of the pollutants, prevalence of sick building syndrome (sbs) symptoms, and respiratory health indicators. **Atmospheric Pollution Research**, [S.L.], v. 11, n. 12, p. 2270-2281, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2020.07.016>.

NA, Jung Im; BYUN, Sang Young; JEONG, Mi Young; PARK, Kyoung Chan; HUH, Chang Hun. The Effect of Environmentally Friendly Wallpaper and Flooring Material on Indoor Air Quality and Atopic Dermatitis: a pilot study. **Annals Of Dermatology**, [S.L.], v. 26, n. 6, p. 688, 2014. Korean Dermatological Association and The Korean Society for Investigative Dermatology. <http://dx.doi.org/10.5021/ad.2014.26.6.688>.

POCHTECA. **Dióxido de Titânio**: para que serve e o que é. 2022. Disponível em: <https://brasil.pochteca.net/dioxido-de-titanio-para-que-serve-e-o-que-e/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

REINO UNIDO. **Air pollution at home**. 2023. Disponível em: <https://www.asthmaandlung.org.uk/living-with/indoor-air-pollution/home#what-is-indoor-air-pollution>. Acesso em: 23 fev. 2023.

SARAGA, Dikaia E.; ASIMINA, Stamatelopoulou; ASIMAKOPOULOS, D. N.; VASILAKOS, Christos. The link between residential air quality and children's health. **Fresenius Environmental Bulletin**, Grécia, v. 26, n. 1/2017, p. 162-176, jan. 2017.

SHERZAD, Mohammed; JUNG, Chuloh. Evaluating the emission of VOCs and HCHO from furniture based on the surface finish methods and retention periods. **Frontiers In Built Environment**, [S.L.], v. 8, n. 0, p. 1-12, 3 nov. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fbuil.2022.1062255>.

SHIN, Seung H.; JO, Wan K.. Volatile organic compound concentrations, emission rates, and source apportionment in newly-built apartments at pre-occupancy stage. **Chemosphere**, [S.L.], v. 89, n. 5, p. 569-578, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.054>.

SILVA, Ailton Roberto; VERONEZI, Ana Maria; MANTOVANI, Roger Antônio; ZOREL JUNIOR, Henrique Emilio; RIBEIRO, Clóvis Augusto; CRESPI, Marisa Spirandeli. Identificação e quantificação de resinas, cargas e pigmentos em tintas latex branca. **Eclética Química**, [S.L.], v. 25, p. 109-122, 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-46702000000100010>.

TAKAOKA, Motoko; SUZUKI, Kyoko; NORBÄCK, Dan. The home environment of junior high school students in Hyogo, Japan – Associations with asthma, respiratory health and reported allergies. **Indoor And Built Environment**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 81-92, 9 jun. 2014. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1420326x14537512>.

VAN ECK, N.J.; WALTMAN, L. VOSviewer Manual. Universiteit Leiden, The Centre for Science and Technology Studies, Meaningful metrics. 2020. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 15 mar. 2023.

WEI, Wenjuan; RAMALHO, Olivier; MANDIN, Corinne. Indoor air quality requirements in green building certifications. **Building And Environment**, [S.L.], v. 92, p. 10-19, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.035>.

WI, Seunghwan; KIM, Man-Goo; MYUNG, Seung-Woon; BAIK, Yong Kyu; LEE, Kang-Bong; SONG, Hea-Seung; KWAK, Myung-Jin; KIM, Sumin. Evaluation and analysis of volatile organic compounds and formaldehyde emission of building products in accordance with legal standards: a statistical experimental study. **Journal Of Hazardous Materials**, [S.L.], v. 393, p. 122381, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122381>.

ZHOU, Xiaojun; GAO, Zhao; WANG, Xinke; WANG, Fenghao. Mathematical model for characterizing the full process of volatile organic compound emissions from paint film coating on porous substrates. **Building And Environment**, [S.L.], v. 182, p. 107062, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107062>.